

Российская академия наук
Российская академия медицинских наук
Минздрав России
МЧС России
Минатом России

15 лет после Чернобыля: уроки, оценки, перспективы

Труды симпозиума

Москва
25 апреля 2001 года



Москва, 2002

**Российская академия наук
Российская академия медицинских наук
Минздрав России
МЧС России
Минатом России**

15 лет после Чернобыля: уроки, оценки, перспективы

Труды симпозиума

25 апреля 2001 года

Москва

**Москва
2002**

15 лет после Чернобыля: уроки, оценки, перспективы. Сборник трудов симпозиума
— М.: Издательство “Комтехпринт”, 2002 г., 92 стр.
ISBN 5-89107-037-5

25 апреля 2001 года Координационный совет РАН по техническим наукам провел симпозиум, посвященный 15-ой годовщине аварии на Чернобыльской АЭС. В симпозиуме принимали участие руководители Министерства здравоохранения, МЧС и Минатома России, а также ведущие российские ученые. Участники обсудили результаты многолетних научных исследований последствий аварии и усилий государства по реабилитации территорий и социальной защите вовлеченного в аварию населения. Настоящий сборник трудов симпозиума подготовлен по решению симпозиума Институтом проблем безопасного развития атомной энергетики РАН.

© ИБРАЭ РАН, 2002 (составление)
© “Комтехпринт”, 2002 (оформление)

Содержание

Приветствие участникам симпозиума академика РАН В. Е. Фортова	5
Чернобыльская катастрофа, итоги и проблемы преодоления ее последствий в России. <i>Н. В. Герасимова</i>	7
Состояние и совершенствование отраслевой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. <i>А. М. Аганов</i>	12
Медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС для здоровья населения. <i>Г. Г. Онищенко</i>	24
Радиационный мониторинг окружающей среды после Чернобыльской аварии. <i>Ю. А. Израэль</i>	31
Диагностические исследования на площадке ЧАЭС и внутри укрытия 4 блока (1986–1991 гг). <i>С. Т. Беляев</i>	36
Заболеваемость лейкозами среди ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС: прогноз и фактические данные национального регистра. <i>А. Ф. Цыб, В. К. Иванов</i>	47
Медицинские последствия радиационных аварий для населения. <i>Л. А. Булдаков</i>	58
Чернобыльская катастрофа, ядерные технологии и проблемы экологии. <i>Л. А. Большов, Р. В. Арутюнян</i>	67
Меры по защите населения после аварии на Чернобыльской АЭС и их эффективность. <i>И. И. Линге, Р. М. Алексахин, М. Н. Савкин</i>	79
Выводы симпозиума “Пятнадцать лет после Чернобыля: уроки, оценки, перспективы”	87
Заключительное слово Председателя Координационного совета РАН по техническим наукам академика РАН В. Е. Фортова	91

Приветствие участникам симпозиума академика РАН В. Е. Фортова

Уважаемые коллеги!

Мы начинаем нашу работу и мне доставляет особое удовольствие от имени президиума Академии наук и президента РАН Игоря Сергеевича Осипова приветствовать всех участников и гостей симпозиума, посвященного 15-ой годовщине аварии на ЧАЭС. Вы знаете, что это была совершенно особая катастрофа, особое событие для нашей страны и всего мира. Эта авария затронула судьбы миллионов людей в России, Белоруссии, и на Украине. Она оказала очень сильное влияние на развитие атомной энергетики во всем мире. Авария привлекла беспрецедентное внимание общественности всего мира, и на нашем симпозиуме мы рассмотрим итоги масштабных работ по преодолению ее последствий, результаты 15-летних научных и технических разработок, исследований, проектов, которые были направлены на ликвидацию этой тяжелейшей аварии. Как вы знаете, сразу же после аварии, а затем в течение 15-ти лет, вплоть до сегодняшнего дня, был проведен громадный объем работ в этой области, и были сделаны гигантские вложения. В течение первого года, фактически в самый горячий период, было потрачено около 5–7 млрд. долларов на ликвидацию аварии. И в дальнейшем наша страна тратила по миллиарду долларов в год на реабилитацию и смягчение последствий. Эта громадная сумма в два раза превосходит бюджетные средства на всю науку в России. В результате накоплен громадный фактический материал. И нам надо на нашем симпозиуме с позиций сегодняшнего дня, с позиций этой большой информации, проанализировать адекватность и эффективность принятых тогда мер и выработать нужные рекомендации, чтобы гарантировать общество от таких аварий в будущем.

Представляется важным дать ответы на ряд вопросов, которые важны для науки и практики. Каковы реальные радиологические последствия аварии для здоровья населения и участников работ по ликвидации ее последствий? Каковы последствия аварии для окружающей среды? С какими проблемами столкнулась наука в оценке последствий аварии и выработке эффективных рекомендаций по ее преодолению? Что явилось причиной столь противоречивых оценок масштабов ущерба аварии на ЧАЭС? Почему общество на определенном этапе своего развития не прислушалось к мнению ученых и не использовало тот большой потенциал, который существует у нас в России, для выработки правильной стратегии в этом вопросе? Что сделано в области повышения безопасности атомной энергетики и насколько сегодня эта энергетика может быть безопасной? Это — лишь немногие из тех вопросов, которые сегодня будут так или иначе освещаться.

Большую озабоченность вызывает поразительное противоречие между научными данными и сложившимися в обществе представлениями о последствиях аварии. Авария на Чернобыльской станции, как вы знаете, совпала с началом периода гласности. И на этом фоне оценки часто носили эмоциональный характер и не основывались на точных научных данных. По-видимому, сегодня настало время проанализировать все уже в численном, а не в эмоциональном формате и дать объективные оценки: что случилось и как это отразилось на людях, на окружающей среде.

Все эти острые вопросы будут освещены в докладах, которые будут представлены ведущими учеными Российской академии наук, академии медицинских наук, академии сельскохозяйственных наук, Минатома, МЧС, Минздрава, Минсельхоза и многих других ведомств и организаций, в течение этих 15 лет активно участвовавших в работе по этой проблеме. Хотелось бы еще раз подчеркнуть важность проведения всех практических работ на твердой основе фундаментальной науки. Это тем более важно в решении таких глобальных проблем, как сохранение окружающей природной среды для будущих поколений и развитие современных технологий. В значительной степени от правильного и взвешенного ответа на эти вопросы будет зависеть восприятие обществом новых ядерных технологий, да и вообще высоких технологий будущего.

Мне кажется, что основным результатом нашей работы на симпозиуме должны быть четкие выводы по реальным научно выверенным оценкам последствий аварии на ЧАЭС и рекомендации по проведению дальнейших работ в этой области. Нам необходимо выработать научные основы законотворческой и нормотворческой деятельности, базирующиеся на комплексном анализе риска ядерных, да и не только ядерных, но и иных аварий, которые неизбежно, к сожалению, происходят и будут происходить в мире.

Открывая симпозиум, я хотел бы пожелать его участникам от имени Российской академии наук успешной и продуктивной работы.

ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ КАТАСТРОФА, ИТОГИ И ПРОБЛЕМЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЙ В РОССИИ.

*Н. В. Герасимова, заместитель Министра Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и
ликвидации последствий стихийных бедствий*

С момента аварии на Чернобыльской АЭС прошло пятнадцать лет, но до сих пор она привлекает внимание международной и российской общественности.

В результате катастрофы территории 17 стран Европы общей площадью более 207 тыс. кв. км оказались загрязненными цезием с плотностью свыше 1 кюри на кв. км. В Российской Федерации общая площадь таких территорий составила более 59 тыс. кв. км., в том числе сельскохозяйственных угодий 2,9 млн. гектаров и около 1 млн. гектаров земель лесного фонда.

Почти 1 млн. 800 тыс. граждан России продолжает проживать на радиоактивно загрязненных территориях. Около 200 тыс. россиян приняли участие в ликвидации последствий аварии. С радиоактивно загрязненных территорий было переселено в организованном порядке или переселилось самостоятельно более 52 тыс. граждан.

В Российской Федерации проблема преодоления последствий чернобыльской катастрофы с 1991 года решается в рамках Закона Российской Федерации “О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС”, а также программно-целевыми методами путем реализации государственных целевых программ по защите населения и реабилитации территорий, подвергшихся радиационному воздействию.

С 1994 года координация работ по преодолению последствий чернобыльской аварии поручена МЧС России. В реализации программ принимают участие федеральные министерства и ведомства (Минздрав России, Минсельхоз России, МПР России, Минатом России, Минтруд России, Росгидромет), органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, ведущие научные институты. Основными направлениями программ являются охрана здоровья граждан, контроль за радиационной обстановкой, снижение доз облучения населения и реабилитация территорий, социальная и социально-психологическая реабилитация населения. За прошедшие годы выполнен беспрецедентно большой объем работ по минимизации последствий аварии.

Основные итоги реализации программ.

Опыт первых лет показал, что эффективные меры по смягчению последствий аварии могут быть реализованы только при взаимоувязке на государственном уровне все го комплекса инвестиционных, экологических, медицинских, экономических и других проблем регионов.

Реализация коллективных мер защиты и реабилитации населения и радиоактивно загрязненных территорий в течение 1992-2000 годов осуществлялась в соответствии со следующими программами:

- Федеральная целевая программа по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы;
- Федеральная целевая программа “Дети Чернобыля” в составе президентской программы “Дети России”;
- Федеральная целевая программа “Жилье ликвидаторам”.

В период 1992–2000 годов на реализацию этих программ государством было выделено около 46 млрд. рублей (цены 2000 года).

Кроме того, с 1998 года реализуется Программа совместных действий по преодолению последствий чернобыльской катастрофы в рамках Союза Беларуси и России.

На загрязненных территориях выполнен большой объем работ по строительству жилья, объектов здравоохранения, социальной и производственной сферы. За указанный период в рамках программы по защите населения Российской Федерации от воздействия последст-

вий чернобыльской катастрофы было введено более 1,4 млн. кв. м жилья; дошкольных учреждений на 3 850 мест; общеобразовательных школ на 18 373 места; больниц более, чем на 1 000 коек; поликлиник на 5 325 посещений в смену; клубов, домов культуры — 3 880 мест; сдано в эксплуатацию 866 км газовых сетей.

Для предприятий, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях, предоставляются экономические льготы, включая налоговые. Ряду регионов предоставлена возможность получения льготных кредитов.

Для обеспечения благоустроенной жилой площадью перечисленных категорий граждан, состоящих на учете, программой “Жилье ликвидаторам” предусматривалось построить 27 820 квартир общей площадью 1 702,6 тысячи квадратных метров. По состоянию на 1 января 2001 года участникам ликвидации последствий аварии на ЧАЭС предоставлено жилье общей площадью 547,3 тысячи квадратных метров (10 337 квартир).

За период реализации программы “Дети Чернобыля” были введены в эксплуатацию: больницы на 1 669 коек, санатории на 305 мест, поликлиники на 2 970 посещений, реабилитационные центры на 1 220 посещений, дома ребенка на 300 мест. В рамках программы в 1991 году на базе Московского НИИ педиатрии и детской хирургии создан Федеральный детский научно-практический центр противорадиационной защиты. За это время в Центре обследовано и пролечено около 4 000 детей и 2 000 их родителей, консультативная помощь по широкому кругу специальностей с использованием современных методов обследования оказана более чем 40 000 детям.

Инновационной политикой в сфере физического и психологического оздоровления детей было создание сети “школ здоровья” на базе обычных школ в областях радиоактивного загрязнения. За время действия программы создано 38 учреждений. В “школах здоровья” по единым протоколам совместных действий работают медики, психологи и педагоги.

Обучение в “школах здоровья” осуществляется по новым педагогическим технологиям, позволяющим получить полный объем знаний за более короткое учебное время, а освободившиеся в результате этого учебные часы используются для дополнительных занятий физкультурой, подвижных игр.

Медицинская помощь гражданам, подвергшимся воздействию радиации, оказывается в медицинских учреждениях всех уровней, включая: центральные районные больницы загрязненных территорий, городские и областные больницы, региональные лечебно-диагностические центры, медицинские учреждения федерального подчинения, а также клиники ведущих НИИ системы Минздрава России и Российской академии медицинских наук (РАМН).

Все эти учреждения оснащались современным медицинским и диагностическим оборудованием.

В рамках программ в учреждениях федерального уровня получили консультативную помощь более 100 тыс. человек, амбулаторное лечение — более 60 тыс. человек, стационарное лечение — более 20 тыс. человек.

Специализированная медицинская помощь участникам ликвидации последствий аварии на ЧАЭС и населению осуществляется в 6 специализированных региональных центрах, специализированных отделениях, организованных на базе областных, краевых, республиканских больниц 89 субъектов Российской Федерации. В региональных центрах получили консультативную помощь более 70 тыс. человек, прошли амбулаторное лечение около 40 тыс. человек, стационарное лечение — более 10 тыс. человек.

Установление причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти у граждан, подвергшихся радиационному воздействию вследствие аварии на ЧАЭС, осуществляется в межведомственных экспертных советах. В настоящее время функционирует 7 межведомственных экспертных советов, которые ежегодно проводят экспертизу медицинских документов у более 4,5 тыс. участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, лиц, проживающих на радиоактивно загрязненных территориях, и детей указанных контингентов.

В отдельное направление программных мероприятий были выделены работы, связанные с социально-психологической реабилитацией населения, подвергшегося воздействию радиации. В Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях созданы центры социально-психологической реабилитации, ориентированные на помощь всем возрастным группам населения.

К числу наиболее приоритетных программных мероприятий отнесены работы в агропромышленном комплексе и лесном хозяйстве.

Практически на всех загрязненных территориях были приняты меры по частичной замене культур растений и типов животноводства, было ограничено лесопользование.

К 2000 году содержание цезия-137 во всех видах сельскохозяйственной продукции, произведенной на большей части территории Российской Федерации, подверженной воздействию аварии на ЧАЭС, отвечает принятым в России гигиеническим нормативам (СанПиН-96), и сельскохозяйственное производство может вестись без каких-либо ограничений. Исключение представляет часть территории четырех областей — Брянской, Калужской, Тульской и Орловской, где выполняются реабилитационные сельскохозяйственные работы. Согласно радиологическим расчетам проведение контрмер в сельском хозяйстве необходимо на территории с уровнем загрязнения цезием-137 свыше 5 Кюри на кв. км. Общая площадь земель с такой плотностью загрязнения в 4-х указанных областях составляет 325 тыс. га, из них 220 тыс. га на пашне.

Переход от аварийных нормативов содержания радионуклидов в пищевых продуктах ВДУ-93 к СанПиН-96 привел к тому, что в загрязненных районах Брянской области концентрация цезия-137 превысила в 2000 году последний норматив по молоку более, чем в 2 раза, а по мясу в 1,5 раза. В Брянской области в 2000 году было произведено в общественном секторе с превышением СанПиН-96 52% молока и 19% мяса. Трудности в достижении соответствия содержания цезия-137 в молоке и мясе уровням СанПиН-96 послужили основанием для продления действия аварийных нормативов ВДУ-93 в загрязненных районах Брянской области до 2003 года.

В настоящее время одной из первоочередных задач по реабилитации территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению, является выполнение комплекса сельскохозяйственных защитных мероприятий в так называемых критических хозяйствах Брянской области, что должно обеспечить производство агропромышленной продукции, отвечающей СанПиН-96.

За прошедший период создана система мониторинга радиационной обстановки на радиоактивно загрязненных территориях. Проведено обследование более 12 000 населенных пунктов, по результатам которого уточнялись перечни населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения.

Всего в России обследовано более 6 млн. кв. км территории. На основе аэрогаммасъемки и наземных обследований были созданы и изданы карты загрязнения Европейской части России цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239. Радиоактивные загрязнения чернобыльского происхождения с уровнями загрязнения более 1 Ки/км² по цезию-137 были обнаружены на территории 19 областей России, а общая их площадь составила 59,3 тыс. кв. км. Наиболее загрязненными в России являются Брянская (11 800 кв. км. загрязненных территорий), Калужская (4 900 кв. км.), Тульская (11 600 кв. км.) и Орловская (8 900 кв. км.) области. Территории с плотностью загрязнения 15 Ки/кв. км по цезию-137 имеются только в Брянской области.

Площадь земель лесного фонда, загрязненных цезием-137 в результате аварии на Чернобыльской АЭС, составляет более 980 тыс. га. Загрязненные радионуклидами леса, как правило, расположены в густонаселенных районах с традиционно интенсивным ведением лесного хозяйства и высоким уровнем использования лесных ресурсов. Ускорить процесс самоочищения лесов инженерно-техническими и агробиологическими методами в большинстве случаев представляется экологически и экономически нецелесообразным. Вместе с тем, многолетний опыт показал, что в загрязненных лесных экосистемах, независимо от уровня радиационного воздействия, не должна полностью прекращаться лесохозяйственная деятельность, в первую очередь, профилактические, противопожарные и лесозащитные мероприятия.

В течение последних лет МЧС России были организованы работы по системно-аналитическому и информационному обеспечению мероприятий государственных программ по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы. В результате этих работ создан центральный банк обобщенных данных, информационно-поисковые и справочные системы. Все они объединены в информационную систему "Чернобыль". Накопленные данные и разработки могут быть использованы в повседневной деятельности органов управления, при обосновании управленческих решений и в научных исследованиях. Отдельные разработки, в том числе базы данных, информационно-справоч-

ные и геоинформационные системы переданы в десятки организаций. К ряду разделов Центрального банка обобщенных данных реализован доступ через систему Internet.

К сожалению, несмотря на многолетние усилия, полностью преодолеть негативные последствия аварии не удалось. Тем не менее, огромный массив данных, накопленных с момента аварии, позволяет объективно оценить не только просчеты, но и несомненные успехи огромной работы по минимизации последствий этой аварии и сделать важные для будущего выводы.

Перспективы.

Итоги реализации федеральных программ показывают, что проблема преодоления последствий чернобыльской аварии объективно имеет долговременный характер.

Целью государственной политики Российской Федерации в области преодоления последствий радиационных катастроф является обеспечение радиационной, медицинской, социальной защиты и реабилитации граждан, подвергшихся аварийному облучению, разработка и реализация мер, направленных на эффективное решение вопросов реабилитации пострадавших территорий, возвращения радиоактивно загрязненных территорий к нормальным условиям проживания и хозяйственной деятельности, уменьшения риска возникновения новых радиационных аварий.

Основные задачи государственной политики, направленные на достижение этой цели, связаны с совершенствованием законодательной базы, регулирующей отношения в области защиты населения, подвергшегося радиационному воздействию, и повышением эффективности программно-целевого подхода к преодолению последствий радиационных аварий и катастроф.

В Российской Федерации наряду с чернобыльскими программами реализуются также федеральные программы, связанные с преодолением последствий радиационных аварий и инцидентов на ПО "Маяк" и испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне. Вопросы социальной защиты граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие деятельности ПО "Маяк" и Семипалатинского полигона, регулируются соответствующими федеральными законами.

Правительством Российской Федерации принято решение о разработке проекта федеральной целевой программы на период до 2010 года с включением в нее основных мероприятий действующих федеральных программ, направленных на преодоление последствий радиационных аварий и катастроф.

В настоящее время подготовлен и проходит необходимое рассмотрение в федеральных министерствах и ведомствах проект федеральной целевой программы "Преодоление последствий аварий и катастроф на период до 2010 года".

Проектом программы предусматривается:

- завершение строительства объектов здравоохранения, образования и коммунального хозяйства на пострадавших территориях, намеченных в ранее принятых программах;
- обеспечение жильем граждан, переселенных из зон с высоким уровнем радиоактивного загрязнения, и участников ликвидации последствий радиационных катастроф, нуждающихся в улучшении жилищных условий;
- выполнение комплекса мероприятий по снижению степени риска возникновения новых радиационных аварий на ПО "Маяк";
- обеспечение оказания адресной медицинской помощи лицам, подвергшимся радиационному воздействию, и их потомкам дополнительной к государственным гарантиям обеспечения граждан Российской Федерации бесплатной медицинской помощью;
- обеспечение поэтапного перевода сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных территориях в условия, гарантирующие выполнение санитарных норм и правил;
- обеспечение функционирования системы радиационного контроля загрязнения продовольственного сырья, пищевых продуктов, питьевой воды, сельскохозяйственной и лесной продукции, лесных ресурсов;
- совершенствование информационно-разъяснительной работы среди населения по вопросам радиоактивного загрязнения окружающей среды, последствиях радиационного воз-

действия на здоровье людей и мерах по его улучшению, другим вопросам, связанным с преодолением последствий радиационных аварий и катастроф.

Основным направлением государственной политики в законодательной сфере является совершенствование нормативной правовой базы, регулирующей отношения в области преодоления последствий радиационных катастроф.

Необходима разработка и принятие федерального закона “О социальной защите граждан Российской Федерации, подвергшихся радиационному воздействию вследствие радиационных аварий и катастроф”, предусматривающего использование дозовых критериев при установлении объема возмещения ущерба населению, проживающего (проживавшего) на территориях, подвергшихся радиационному воздействию.

Соответствие объемов компенсаций нанесенному ущербу должно обеспечиваться на основе единой методологии.

Разработка указанного закона должна осуществляться с учетом международного опыта применения принципов страхования здоровья граждан, подвергшихся радиационному воздействию.

СОСТОЯНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*А. М. Агапов, руководитель департамента безопасности
и чрезвычайных ситуаций Минатома России*

Готовность к аварийному реагированию является неотъемлемой частью обеспечения ядерной и радиационной безопасности предприятий атомной энергетики и промышленности. В последние годы в рамках Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Минатоме России активно формируется отраслевая система предупреждения и ликвидации ЧС (далее — ОСЧС), являющаяся функциональной подсистемой РСЧС (рис. 1).

Задачи, функции и структуру ОСЧС определяют 16 федеральных законов, 32 Постановления Правительства Российской Федерации и другие нормативно-методические документы федерального уровня. На федеральном и объектовом уровнях создается и модернизируется организационная, материально-техническая и информационно-аналитическая база. Органы управления ОСЧС, силы и средства Минатома России, объектовые кризисные формирования интенсивно оснащаются современными техническими средствами. Созданы и функционируют Ситуационный кризисный центр Минатома России, Кризисный центр Концерна “Росэнергоатом” (см. рис. 2а, 2б на стр. 22), аварийно-технические центры и центры технической поддержки научно-исследовательских и проектно-конструкторских предприятий, локальные кризисные центры на промышленных объектах министерства, аварийно-спасательные формирования (рис. 3, 4).

Налажено тесное взаимодействие с кризисными системами других министерств и ведомств, а также с кризисными системами зарубежных стран и международных организаций (рис. 5). Общая численность персонала Минатома, задействованного в отраслевой системе аварийного реагирования (специализированные кризисные центры, аварийно-спасательные формирования, включающие персонал формирований гражданской обороны), составляет 88 тысяч человек.

Обеспечение готовности к аварийному реагированию в Минатоме России осуществляется в рамках ОСЧС. Задачи, организацию, состав сил и средств, порядок деятельности ОСЧС определяет “Положение о функциональной подсистеме единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Минатома России”, утвержденное Министром РФ по атомной энергии Е.О. Адамовым и согласованное Первым заместителем Министра МЧС России Ю.Л. Воробьевым.

Основными задачами ОСЧС как функциональной подсистемы РСЧС являются:

- Участие в разработке и реализации правовых и экономических норм, связанных с обеспечением защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;
- Участие в разработке федеральных, разработка и реализация отраслевых целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций и повышение устойчивости функционирования предприятий, учреждений и организаций (далее именуются организации), а также подведомственных им объектов производственного и социального назначения (далее именуются объекты) в чрезвычайных ситуациях;
- Разработка и осуществление организационных и инженерно-технических мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций, повышению надежности потенциально-опасных объектов, обеспечению устойчивости и безопасности функционирования объектов отрасли в чрезвычайных ситуациях;
- Обеспечение готовности к действиям органов управления, сил и средств отрасли, предназначенных для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее именуются силы и средства);
- Постоянное наблюдение и контроль обстановки на потенциально-опасных объектах отрасли и прилегающих к ним территориях в пределах зон наблюдения;



Рис.3. Схема технической поддержки ОСЧС Минатома России



Рис.4. Перечень сил постоянной готовности Минатома России федерального уровня Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (Постановление Правительства РФ от 03.08.1996 г. №924)



Рис.5. Схема взаимодействия с кризисными системами других министерств и ведомств

- Прогнозирование и оценка состояния радиационной, химической и пожарной безопасности на подведомственных объектах, медико-экологических и социально-экономических последствий чрезвычайных ситуаций на предприятиях отрасли;
- Создание и модернизация на потенциально-опасных объектах отрасли материально-технической базы для выполнения работ по ликвидации чрезвычайной ситуации и проведения своевременной эвакуации персонала и населения (в том числе создание и модернизация защищенных пунктов управления противоаварийными действиями (ЗПУ ПД), убежищ и противорадиационных укрытий, пунктов и маршрутов эвакуации, объектов санитарной обработки, подготовленных районов эвакуации и др.);
- Подготовка руководящего состава и персонала объектов к действиям в чрезвычайных ситуациях, подготовка и повышение квалификации специалистов ОСЧС;
- Ликвидация чрезвычайных ситуаций на подведомственных объектах и при транспортировке ядерных материалов и радиоактивных веществ, участие в ликвидации чрезвычайных ситуаций по решению Межведомственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- Создание отраслевых резервных фондов финансовых, материально-технических и других ресурсов для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- Организация целевых видов страхования от чрезвычайных ситуаций, включая перестрахование рисков их возникновения;
- Сбор, обработка, обмен и выдача информации в области защиты персонала предприятий и организаций отрасли, населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

ОСЧС объединяет органы управления, силы и средства Минатома России, его корпорационных структур (ГП «Концерн Росэнергоатом», АО «Концерн ТВЭЛ», др.), предприятий и организаций отрасли, в полномочия которых входит решение вопросов предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Система управления ОСЧС строится по производственному принципу в соответствии с организационной структурой Минатома России и предусматривает следующие основные направления деятельности ОСЧС:

- предупреждение и ликвидация аварий на объектах атомной энергетики;
- предупреждение и ликвидация последствий аварий с ЯБП и ЯЗ;
- предупреждение и ликвидация последствий аварий на предприятиях ядерного топливного цикла;
- предупреждение и ликвидация аварий при транспортировании ядерных материалов и радиоактивных веществ;

- предупреждение и ликвидация аварий на ядерных установках научно-исследовательских учреждений и научных центров;
- предупреждение и ликвидация аварий на пунктах хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, в хранилищах радиоактивных отходов.

ОСЧС имеет два уровня управления: федеральный и объектовый. Каждый уровень управления ОСЧС имеет координирующие органы, постоянно действующие органы управления, специально уполномоченные на решение задач в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, органы повседневного управления, силы и средства, резервы финансовых и материальных ресурсов, системы связи, оповещения, информационного обеспечения. Координирующим органом ОСЧС на федеральном уровне является Отраслевая комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ОКЧС), а на объектовом уровне — объектовые комиссии по чрезвычайным ситуациям (КЧСО).

Органами повседневного управления ОСЧС являются:

- на федеральном уровне:
 - специализированные подразделения департаментов, управлений Минатома России и его корпорационных структур по безопасности и ЧС (Отдел гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, Отдел по безопасности ЯО, ЯБП, ЯЗ и ликвидации последствий аварий с ними, Дирекция по аварийному планированию ГП «Концерн Росэнергоатом», др.);
 - диспетчерский отдел Ситуационно-Кризисного Центра Минатома России (СКЦ),
 - дежурно-диспетчерские службы Центрального аппарата Минатома России и его корпорационных структур,
- на объектовом уровне (в организациях):
 - дежурно-диспетчерские службы предприятий и организаций отрасли.

В целях решения комплекса специальных задач по ликвидации последствий аварий с ядерными боеприпасами, ядерными зарядами, их макетами и составными частями при их создании, испытании и ликвидации в составе ОСЧС организована Специальная профессиональная аварийно-спасательная служба (САС).

Для организации и проведения работ по обеспечению готовности и аттестации аварийно-спасательных формирований, спасателей к действиям по локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций радиационного и ядерного характера в составе ОСЧС создана Аварийно-спасательная служба (АСС). АСС объединяет органы управления АСС; аварийно-спасательные формирования (АСФ); научно-исследовательские и образовательные учреждения по подготовке спасателей; организации по производству аварийно-спасательных средств, иные формирования, обеспечивающие решение стоящих перед АСФ задач.

Для оказания практической помощи предприятиям отрасли со стороны ОКЧС при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций по представлению департаментов, управлений Минатома России, его корпорационных структур создаются группы экспертов (ЭГ). ЭГ формируются из специалистов Центрального аппарата, предприятий и организаций Минатома России и других министерств, ведомств и организаций (по согласованию с их руководителями) и работают под непосредственным руководством ОКЧС. Местом сбора и дальнейшей работы ЭГ при угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций на предприятиях отрасли являются специально оборудованные помещения СКЦ. Для оказания экстренной помощи потенциально-опасным объектам отрасли в случае угрозы и возникновения чрезвычайной ситуации из состава ЭГ могут формироваться оперативные группы экспертов для выезда на объект.

В состав сил и средств ОСЧС входят силы и средства Минатома России (централизованные силы и средства), его корпорационных структур, предприятий и организаций отрасли. Непосредственная деятельность служб и формирований ОСЧС регламентируется соответствующими положениями об этих службах и Уставами формирований, утверждаемыми в установленном порядке, и осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Информационное обеспечение функционирования ОСЧС осуществляется информационно-управляющей системой, которая обеспечивает:

- сбор, передачу и обработку данных, полученных от информационно-измерительных систем контроля, данных лабораторного контроля, оперативных донесений предприятий и организаций отрасли;
- информационно-аналитическую поддержку принятия решений членами ОКЧС;
- обмен информацией между органами управления, силами ОСЧС, а также обмен информацией между ОСЧС и другими подсистемами РСЧС;
- оперативное оповещение о чрезвычайных ситуациях на предприятиях отрасли Федеральных органов исполнительной власти различных уровней.

Схема информационного обеспечения ОСЧС в режиме повседневной деятельности и в режиме чрезвычайной ситуации представлена на рис. 6,7.

Деятельность ОСЧС включает планирование, подготовку и осуществление мероприятий по предупреждению аварий и ликвидации их последствий.

В зависимости от обстановки определяются три режима функционирования ОСЧС:

- Режим повседневной деятельности — функционирование системы при нормальной производственно-промышленной, радиационной, химической, пожарной обстановке на предприятиях отрасли; при отсутствии прогноза о возможности возникновения чрезвычайной ситуации; при ведении долгосрочных работ по ликвидации последствий ЧС

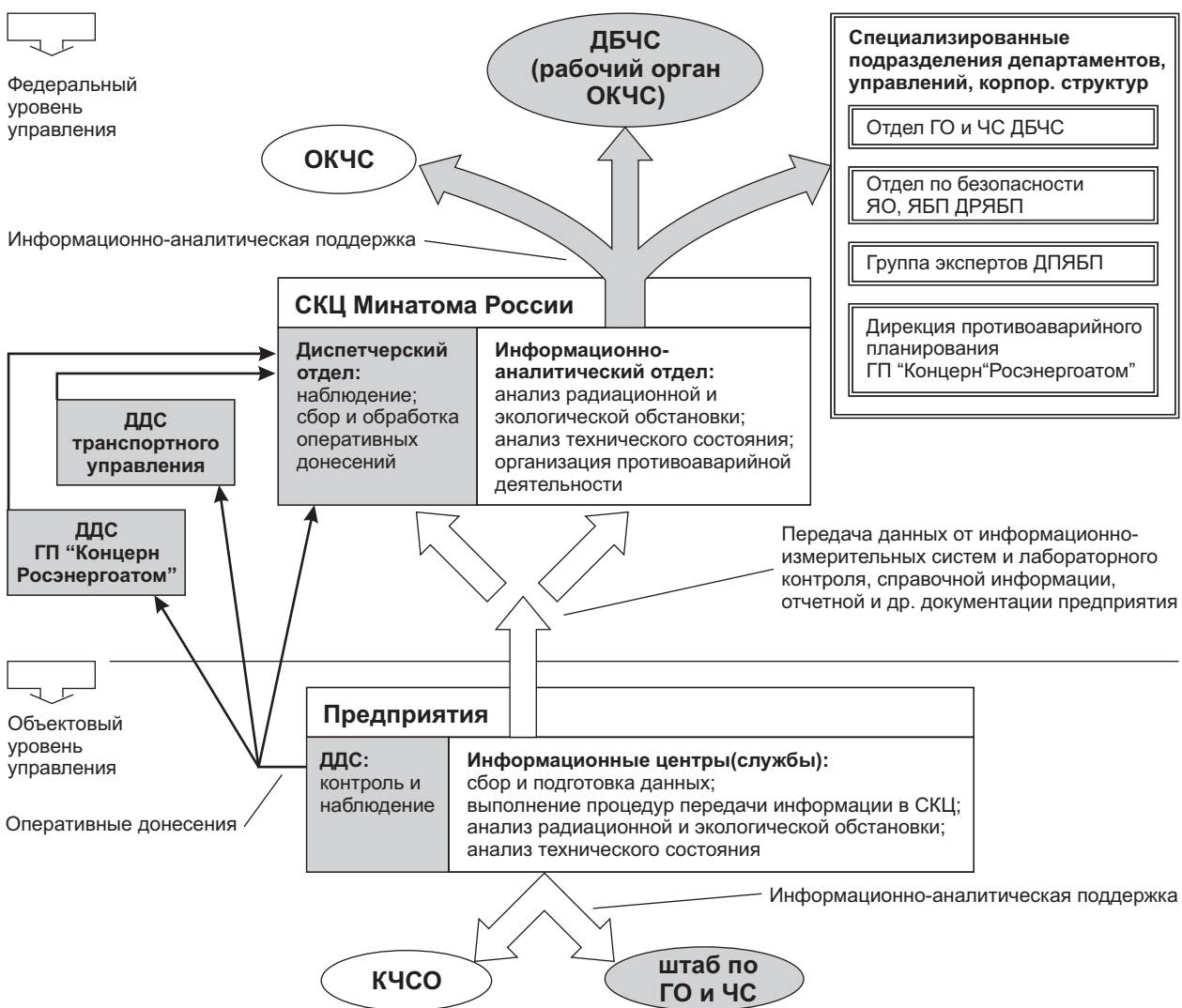


Рис.6. Схема информационного обеспечения ОСЧС в режиме повседневной деятельности

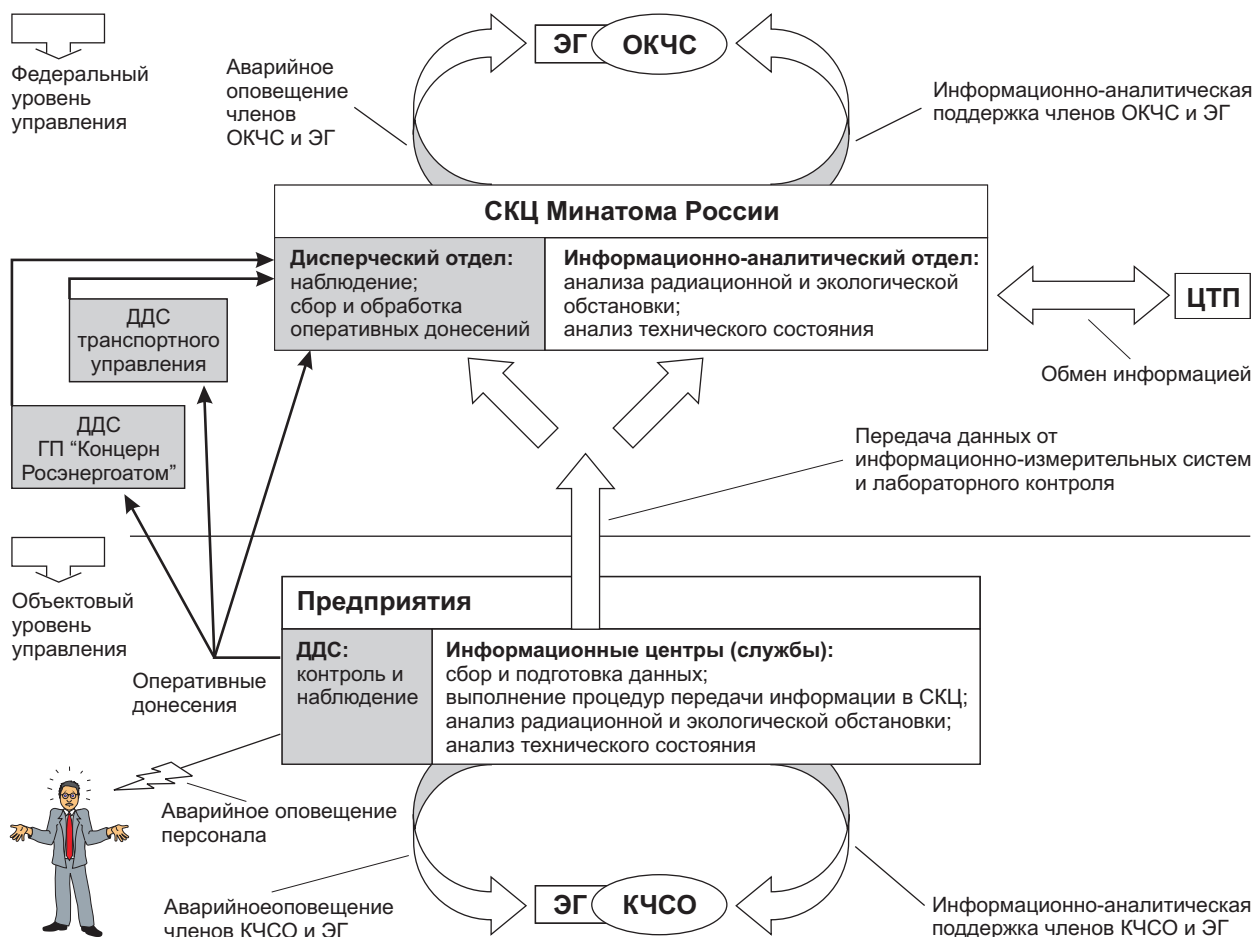


Рис.7. Схема информационного обеспечения ОСЧС в режиме чрезвычайной ситуации

- Режим повышенной готовности — функционирование системы при отклонениях от пределов безопасной эксплуатации предприятий отрасли, при получении прогноза о возможности возникновения чрезвычайной ситуации
- Чрезвычайный режим — функционирование системы при возникновении и ликвидации последствий ЧС.

Основными мероприятиями, осуществляемыми ОСЧС в режиме повседневной деятельности, являются:

- Осуществление наблюдения и контроль состояния потенциально-опасных объектов отрасли, состояния окружающей среды в санитарно-защитных зонах (СЗЗ) и зонах наблюдения этих предприятий;
- Планирование и выполнение целевых и научно-технических программ и мероприятий по повышению безопасности потенциально-опасных объектов отрасли; сокращению возможных потерь и ущерба, повышению устойчивости функционирования объектов отрасли при возникновении ЧС;
- Обеспечение постоянной готовности соответствующих сил и средств ОСЧС;
- Совершенствование подготовки органов управления, сил и средств ОСЧС к действиям в чрезвычайных ситуациях; организация обучения персонала и населения способам защиты и действиям в чрезвычайных ситуациях;
- Создание и модернизация на потенциально-опасных объектах отрасли материально-технической базы для выполнения работ по ликвидации чрезвычайной ситуации и проведения своевременной эвакуации персонала и населения (защищенные пункты управления противаварийными действиями (ЗПУ ПД), убежища и противорадиационные укрытия,

пункты и маршруты эвакуации, объекты санитарной обработки, подготовленные районы эвакуации, др.);

- Создание и исполнение отраслевых резервных фондов финансовых, материально-технических и других ресурсов для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- Осуществление целевых видов страхования от ЧС, включая перестрахование рисков их возникновения.

Основными мероприятиями, осуществляемыми ОСЧС в режиме повышенной готовности, являются:

- Усиление наблюдения и контроля состояния потенциально-опасных объектов отрасли, состояния окружающей среды в СЗЗ и зонах наблюдения этих предприятий;
- Усиление диспетчерских служб;
- Принятие на себя ОКЧС и КЧСО непосредственного руководства функционированием ОСЧС на соответствующем уровне;
- Оповещение и сбор ЭГ, комиссий по чрезвычайным ситуациям и их рабочих органов соответствующих уровней управления ОСЧС;
- Прогнозирование возможности возникновения, развития и последствий ЧС, выработка предложений по нормализации обстановки;
- Принятие превентивных мер по защите персонала, населения, окружающей среды по повышению устойчивости функционирования объектов отрасли;
- Приведение в состояние готовности сил и средств ликвидации чрезвычайных ситуаций ОСЧС, уточнение планов их действий и выдвижение, при необходимости, в районы предполагаемых действий;
- Осуществление, при необходимости, оперативного информационного обмена с Федеральными органами исполнительной власти, другими подсистемами РСЧС.

Основными мероприятиями, осуществляемыми ОСЧС в чрезвычайном режиме, являются:

- Оповещение, организация защиты и спасения персонала предприятий отрасли;
- Выдвижение сил и средств в район ЧС для проведения работ;
- Прогнозирование развития и последствий ЧС, разработка рекомендаций по локализации и ликвидации ЧС;
- Организация работ по ликвидации чрезвычайной ситуации;
- Определение границ зоны чрезвычайной ситуации;
- Осуществление усиленного непрерывного контроля обстановки на аварийном объекте, в СЗЗ и зоне наблюдения;
- Осуществление, при необходимости, взаимодействия с Федеральными органами исполнительной власти, другими подсистемами РСЧС при проведении работ по ликвидации ЧС;
- Организация работ по обеспечению устойчивого функционирования предприятий отрасли.

Ликвидация ЧС на предприятиях отрасли осуществляется силами и средствами ОСЧС при взаимодействии с органами местного самоуправления, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации под непосредственным руководством комиссии по чрезвычайным ситуациям соответствующего уровня:

- ликвидация ЧС, при которых действие поражающих факторов ограничено санитарно-защитной зоной (СЗЗ) — под руководством КЧСО;
- ликвидация ЧС, действие поражающих факторов которых ограничено территорией, превышающей размеры СЗЗ — под руководством соответствующих территориальных комиссий по чрезвычайным ситуациям.

Если масштабы чрезвычайной ситуации таковы, что имеющимися силами и средствами локализовать и ликвидировать ее невозможно, указанные комиссии обращаются за помощью к вышестоящей комиссии по ЧС:

- КЧСО обращается за помощью к ОКЧС;
- ОКЧС обращается за помощью к Межведомственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций

Опыт функционирования национальной и зарубежных систем аварийного реагирования при ликвидации последствий реальных аварий и инцидентов, в том числе Чернобыльской аварии, показал, что эффективность противоаварийных действий существенно возрастает при наличии системы информационно-аналитической и научно-технической поддержки принятия решений. Положением об ОСЧС предусмотрено вовлечение в систему аварийного реагирования специализированных центров, осуществляющих научно-техническую поддержку по различным аспектам последствий ЧС и их ликвидации.

В частности, одной из задач СКЦ Минатома России является обеспечение информационно-аналитической поддержки принятия решений ОКЧС в случае возникновения чрезвычайной ситуации на предприятии отрасли. В СКЦ организована диспетчерская служба, которая осуществляет круглосуточное дежурство, оснащена современными средствами связи и информационных коммуникаций, системами получения, обработки и представления информации об объектах отрасли. В случае возникновения чрезвычайной ситуации на предприятиях отрасли СКЦ Минатома России переходит в режим аварийной готовности и осуществляет информационно-аналитическую поддержку руководства и экспертов ОКЧС. СКЦ обеспечивает также взаимодействие с техническими кризисными центрами и центрами научно-технической поддержки Минатома и других ведомств.

Базовым фактором, обеспечивающим готовность Минатома России к предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций во всех направлениях деятельности, является готовность предприятий отрасли, наличие у них необходимых сил, средств и ресурсов, готовности систем управления и связи, наличие навыков руководящего, командно-начальствующего состава, работников и специалистов предприятий.

В целях совершенствования организации ОСЧС, проверки готовности органов управления, сил и средств ОСЧС ежегодно планируются и проводятся учения и тренировки по плану мероприятий ОСЧС.

В ходе этих мероприятий отрабатываются вопросы аварийного оповещения, взаимодействия участников системы аварийного реагирования (внутриведомственного и межведомственного), осуществляется проверка системы научно-технической и экспертной поддержки принятия решений на международном, федеральном, региональном и местном уровнях. Осуществляется проверка состояния сил и средств предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, технических средств связи, приема, передачи, обработки и представления информации. Кроме регламентных тренировок, ежегодно проводятся крупные учения с привлечением практически всех участников системы аварийного реагирования, в том числе МВК, ОКЧС, ОПАС и др.

Среди учений и аварийных тренировок последних лет отметим учения «УРАЛ-99» в 1999 году и учение на Калининской АЭС в 2000 году.

Комплексное исследовательское командно-штабное учение «Урал-99» проходило 12–14 октября 1999 в районе пос.Новогорный Кыштымского района Челябинской области. Тема учений: «Реагирование и ликвидация последствий аварии при транспортировке радиоактивных веществ». В этом учении принимало участие большое количество предприятий и организаций Минатома России, а также ряд учреждений других министерств и ведомств России (см. рис. 8, 9 на стр. 22). Учение проходило в рамках действующей системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Минатома России.

Целью учения «Урал-99» было совершенствование подсистемы предупреждения и ликвидации последствий аварий при транспортировке ядерных материалов и радиоактивных веществ Минатома России, отработка действий органов управления, сил и средств в регионе обслуживания Аварийно-технического центра (АТЦ) с предприятием базирования РФЯЦ ВНИИТФ, отработка взаимодействия с МЧС России, МЧС России и территориальными органами власти.

Основными задачами, отрабатываемыми в ходе учения учение «Урал-99» по теме: «Реагирование и ликвидация последствий аварии при транспортировке радиоактивных веществ» были:

- оповещение, сбор и доставка сил и средств, участвующих в работах по ликвидации последствий аварии в реальном масштабе времени;

- информационный обмен на всех этапах реагирования и проведения работ по ликвидации последствий радиационной аварии;
- организация взаимодействия между участниками учения на федеральном, территориальном и отраслевых уровнях;
- оперативное прогнозирование развития радиационной аварии и ее последствий, дозиметрическое обоснование безопасного проведения аварийно-восстановительных работ;
- отработка действий профессиональных аварийно-спасательных формирований Минатома России, а также технологии проведения работ с использованием робототехнических комплексов и дистанционно-управляемых систем;
- организация взаимодействия со средствами массовой информации.

В целом следует отметить, что учение «Урал-99» явилось полномасштабным опытом взаимодействия различных ведомств, и, прежде всего, Минатома России, МЧС России и МЧС России, при ликвидации аварий с наличием радиационного фактора на железнодорожном транспорте. Учение стало важным этапом в проверке и дальнейшем обеспечении готовности органов управления, профессиональных аварийно-спасательных формирований и нештатных формирований функциональной подсистемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Минатома России.

17–19 октября 2000 года на Калининской АЭС проводилось командно-штабное противоаварийное учение с группой ОПАС (см. рис.10 на стр. 22). Целями учений являлись:

- совершенствование организации взаимодействия Концерна «Росэнергоатом» и организаций других заинтересованных министерств и ведомств в случае аварии на АЭС;
- совершенствование практических навыков руководства, персонала и служб ГО Калининской АЭС;
- проверка готовности технических средств связи;
- отработка задач оповещения, сбора и доставки к месту аварии членов группы ОПАС;
- проверка готовности к управлению защищенных пунктов управления противоаварийными действиями;
- проверка готовности центров научно-технической поддержки.

В ходе проведения учения все поставленные цели были достигнуты. При подведении итогов особое внимание было уделено выявленным недостаткам, в основном связанным с проблемами оперативного и качественного обмена информацией между участниками учений. Впервые в ходе учения на АЭС отработывались системы передачи информации с помощью аудио и видео конференций. Эти системы показали свою эффективность в процессе комплексного анализа последствий аварийной ситуации и принятия решений по проведению защитных мероприятий.

Специалисты отрасли, совместно со специалистами других ведомств, взаимодействующих с Минатомом по линии предупреждения и ликвидации ЧС, участвовали в ряде международных аварийных тренировок (см. рис. 11 на стр. 22).

По результатам аварийных тренировок и комплексных тематических учений, ДБЧС Минатома России, совместно с заинтересованными подразделениями министерства, учреждениями других министерств и ведомств, подготовил проект плана организационно-технических мероприятий, направленных на развитие и совершенствование ОСЧС.

Основными работами, определяемыми этим планом являются:

- Разработка комплекса руководящих документов по взаимодействию Минобороны России, Минатома России, МЧС России, МЧС России, Минздрава России и др., при проведении работ по ликвидации последствий аварий.
- Разработка и внедрение инженерных методик на основе рекомендаций МАГАТЭ, обеспечивающих в любых условиях обязательный минимум достоверной информации, необходимой для принятия адекватных решений при ликвидации аварии (оперативного прогнозирования радиационной обстановки, действий по радиационному мониторингу зоны аварии, действий по дезактивации территории).
- Создание единой картографической системы с использованием геопространственных данных (интегральная геоинформационная система) по оперативному реагированию на ЧС, в особенности на транспортные аварии.



Рис.2а. Ситуационный кризисный центр Минатома России



Рис.2б. Кризисный центр Концерна "Росэнергоатом"



Рис.8. Командно-штабное учение "Урал-99"



Рис.9. Командно-штабное учение "Урал-99"



Рис.10. Командно-штабное противоаварийное учение с группой ОПАС на Калининской АЭС

<p>ДЕЛОВАЯ ИГРА ПО ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ в послепаварийной ситуации в условиях радиоактивного загрязнения местности ИБРАЭ РАН, ИПСИ (ФРАНЦИЯ) июнь 1993 г.</p>	<p>ШТАБНАЯ ТРЕНИРОВКА В МЧС РОССИИ по аварии на Калининской АЭС ноябрь 1994 г.</p>
<p>КОМАНДНО-ШТАБНЫЕ УЧЕНИЯ ПО АВАРИИ НА АЭС "ПОЛЫНЫЕ ЗОРИ-95" МЧС РОССИИ совместно с Департаментом ООН по гуманитарным вопросам март-июнь 1995 г.</p>	<p>НАЦИОНАЛЬНЫЕ УЧЕНИЯ "БЕККЕРЛЬ" ФРАНЦИЯ, октябрь 1995 г.</p>
<p>РОССИЙско-БЕЛОРУССКИЕ УЧЕНИЯ И ТРЕНИРОВКА межправительственной комиссии по чрезвычайным ситуациям "Десна-96" июнь, август 1996 г.</p>	<p>МЕЖДУНАРОДНЫЕ УЧЕНИЯ ПО АВАРИЙНОМУ РЕАГИРОВАНИЮ "АРАГАЦ-99" Армения, сентябрь 1999 г.</p>

Рис.11. Участие специалистов отрасли в международных аварийных тренировках

- Централизованное комплексное оснащение оперативной группы Минатома России оборудованием для работ на месте аварии и для информационного обеспечения отраслевой комиссии по чрезвычайным ситуациям в СКЦ Минатома России.
- Создание сети диспетчерских пунктов АТЦ (АИО), в том числе мобильных, снабженных автоматизированным рабочим местом, оборудованных современным аппаратно-программным обеспечением.
- Централизованное оснащение средствами дальней космической связи и радиосвязи аварийно-спасательных формирований Минатома России в едином частотном диапазоне.
- Дооснащение профессиональных аварийно-спасательных формирований средствами жизнеобеспечения в полевых условиях.

Подводя итог.

В Минатоме России, в рамках Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, создана и функционирует отраслевая система предупреждения и ликвидации ЧС (ОСЧС). В рамках системы создана структура управления ОСЧС, централизованные кризисные формирования, аварийно-технические центры и центры технической поддержки научно-исследовательских и проектно-конструкторских предприятий, локальные кризисные центры на промышленных объектах министерства, аварийно-спасательные формирования. Налажено взаимодействие с кризисными системами других министерств и ведомств, а также с кризисными системами зарубежных стран и международных организаций. Как показывают проводимые аварийные тренировки и командно-штабные учения, система вполне жизнеспособна.

Определены и реализуются в плановом порядке мероприятия по совершенствованию ОСЧС.

МЕДИЦИНСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

*Член-корреспондент РАМН Г.Г.Онищенко,
Главный государственный санитарный врач Российской Федерации*

Здоровье ликвидаторов и населения, проживающего на загрязненных территориях, является наиболее социально-значимой проблемой, решаемой в ходе преодоления последствий аварии на ЧАЭС. В этой связи уместно напомнить, что в анализе медицинских последствий чернобыльской катастрофы, равно как и других техногенных аварий и катастроф, принято выделять две компоненты. Первая — прямое воздействие на здоровье поражающего фактора. В нашем случае это радиационное воздействие. Вторая компонента обусловлена иными факторами, сопровождающими крупные катастрофы, такими, например, как неизбежный стресс.

На протяжении всех пятнадцати лет основное внимание уделялось собственно радиологическим последствиям. Система радиационной защиты основывалась на выполнении двух условий: безусловном предотвращении острых (детерминированных) эффектов и снижении уровня риска отдаленных (стохастических) эффектов до приемлемого (оправданного) уровня.

Детерминированные эффекты возникают при относительно больших дозах (более 0,5 Гр) за короткий промежуток времени и характеризуются наличием порога радиационного воздействия, ниже которого эффект не наблюдается. Например, легкая форма лучевой болезни наступает при дозе более 1,0 Гр, а тяжелая — 4,5 Гр.

Стохастические эффекты — это раковые заболевания различной этиологии и генетические нарушения у потомства. Они проявляются спустя годы после облучения с различной степенью вероятности в зависимости от полученной дозы. Официально принято, что стохастические эффекты не имеют дозового порога и возможная частота эффектов прямо пропорциональна дозе. Данная беспороговая концепция не имеет прямых доказательств, поскольку основывается на результатах экстраполяции из области относительно высоких доз. Тем не менее, она является основой всех нормативных документов, обеспечивая дополнительный запас “прочности” в области радиационной защиты.

В нормативных документах доаварийного периода в качестве предельно допустимых доз облучения определялись следующие базовые величины:

- доза однократного планируемого аварийного облучения персонала — 250 мЗв (1983 г.);
- доза облучения населения, требующая эвакуации — 250 мЗв (эвакуация целесообразна) и 750 мЗв (эвакуация обязательна);
- доза облучения щитовидной железы детей — 30 рад (0,3 Гр).

Указанные нормативные величины были взяты за основу при организации работ по обеспечению защиты населения и участников работ по ликвидации последствий аварии: для ликвидаторов был установлен предел дозы за все время работ в 250 мЗв. Для населения были приняты следующие пределы доз облучения: 100 мЗв за первый год после аварии, 30 мЗв — во второй и 25 мЗв — в третий.

Дозы облучения населения и ликвидаторов не превышали предельно допустимых в подавляющем большинстве случаев. К сожалению, этого не произошло в отношении облучения щитовидной железы. Переоблучения ЩЖ тоже можно было бы избежать или, по крайней мере, существенно уменьшить, однако наиболее эффективное мероприятие — йодная профилактика — либо не проводилось совсем, либо было начато с большим запозданием. Не удалось также в полной мере обеспечить выполнение рекомендаций по исключению потребления загрязненного молока в первые недели после аварии в наиболее неблагоприятных по йоду-131 районах. Защитные меры были предприняты с опозданием — только 6 мая 1986 года были приняты временные допустимые уровни (ВДУ) содержания радионуклидов в пищевых продуктах.

В дальнейшем нормативы пересматривались несколько раз в сторону ужесточения, а принятые в 1991 году ВДУ по долгоживущим радионуклидам были в 3–5 раз более жесткими, чем международные рекомендации по аварийным уровням и нормативы ЕС. В начале 1991 года была принята “Концепция проживания населения в районах, пострадавших от

аварии на Чернобыльской АЭС”, которая установила новый уровень вмешательства — дополнительное облучение в дозе 1 мЗв/год.

Перечисленные меры позволили заметно снизить уровни облучения населения и, по сути, исключить радиационные последствия, кроме случаев рака щитовидной железы у детей, обусловленных радиационным воздействием в первые месяцы после аварии.

Уже в 1986 году было принято решение о создании единой системы медицинского наблюдения за лицами, подвергшимися облучению в результате аварии на ЧАЭС. Прогнозы радиологических последствий аварии, выполненные в 1988 году, показали, что выявить в реальной онкологической статистике большую часть отдаленных эффектов действия радиации (лейкозы и солидные раки) среди населения, будет довольно сложно. Количество ожидаемых эффектов слишком мало в сравнении с региональными отличиями и временными изменениями фоновых показателей за исключением злокачественных новообразований щитовидной железы. Здесь прогноз был достаточно неблагоприятным — частота новообразований щитовидной железы могла увеличиться среди критической группы в несколько раз, а критической группой явились дети самых младших (по состоянию на 1986 год) возрастов. Прогнозы по ликвидаторам также позволяли ожидать проявления отдаленных эффектов действия радиации. По этим причинам была начата работа по созданию всеобъемлющего регистра, охватывавшего участников работ в зоне ЧАЭС, эвакуированных, переселенных и населения, проживающего на загрязненных территориях.

В Российской Федерации специализированное медицинское наблюдение осуществляется в рамках Российского медико-дозиметрического регистра (РГМДР). В банке данных регистра в настоящее время находится информация на 550 076 человек, в их числе 179 923 участников ликвидации чернобыльской катастрофы, проживающих во всех регионах Российской Федерации, 313 816 граждан, проживающих (проживавших) на наиболее загрязненных радионуклидами (более 5 Ки/км²) территориях Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей (Рис.1). Ежегодный сбор индивидуальных медицинских и дозиметрических данных осуществляется через 15 региональных центров и 5 ведомственных регистров: Минатома России, Минобороны России, МВД России, МЧС России и ФСБ России.

Накопленные в регистре данные позволяют решать две важные задачи. Первая, практическая, заключается в отслеживании динамики состояния здоровья ликвидаторов и населения для своевременного проведения лечебно-оздоровительных мер и разработки долгосрочных программ медицинской реабилитации. Эти же материалы являются основой для разработки нормативных правовых актов по социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации после аварии на ЧАЭС.

Вторая задача заключается в изучении зависимости частоты отдаленных стохастических последствий — лейкозов, солидных раков и раков щитовидной железы — от уровней воздействия радиации. Стохастические эффекты носят неспецифический характер, то есть они практически неотличимы от аналогичных эффектов, обусловленных факторами нерадиационной природы. В связи с этим в эпидемиологических исследованиях радиационных эффектов в области малых доз принципиально важно выявить статистически достоверное отличие радиологических последствий от спонтанных, аналогичных по своему характеру. Статистически достоверные риски для лейкемии и солидных опухолей, установленные у людей, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, обнаружены только при дозах выше 60 мЗв. Эти исследования являются основной базой современных оценок коэффици-

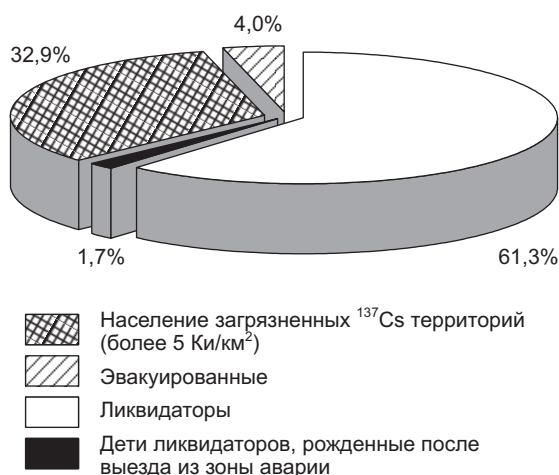


Рис.1. Распределение зарегистрированного контингента по группам первичного учета

ентов радиационного риска и прогнозных оценок. По этой причине результаты, полученные в рамках РГМДР, имеют принципиальное значение для науки. Они подтвердили тот факт, что использование коэффициентов риска, полученных на японской когорте, позволяет надежно и с запасом прогнозировать радиологические эффекты.

Медицинские последствия для участников работ в зоне ЧАЭС

Непосредственно сразу после аварии острому радиационному воздействию подверглось свыше 300 человек из персонала станции и пожарных. Из них 237 пострадавшим на основе первоначальных клинических показаний был поставлен диагноз острой лучевой болезни, а окончательный диагноз лучевой болезни был подтвержден у 134 человек. Несмотря на то, что большинство пострадавших было экстренно перевезено в 6-ю клиническую больницу в Москве, где есть специализированный отдел Института биофизики, наиболее тяжело пострадавших, а это 28 человек, спасти не удалось. В последующие годы от лучевой болезни умерли еще 13 человек. Три человека погибли во время аварии от иных причин. Большинство лиц, перенесших острую лучевую болезнь, находятся под наблюдением врачей до настоящего времени.

Буквально сразу после аварии к работам в зоне ЧАЭС были привлечены большие контингенты людей. Всего в 1986 году в работах в зоне ЧАЭС приняло участие около 120 тыс. человек. На некоторых объектах, таких как «Укрытие», в отдельные периоды работа велась в три смены с количеством работающих в смене до 10 тыс. человек. Полноценный дозиметрический контроль участников работ в зоне ЧАЭС удалось наладить только через несколько месяцев после аварии. В последующем был проведен большой объем работ по реконструкции полученных на раннем этапе доз, результаты приведены в таблице 1.

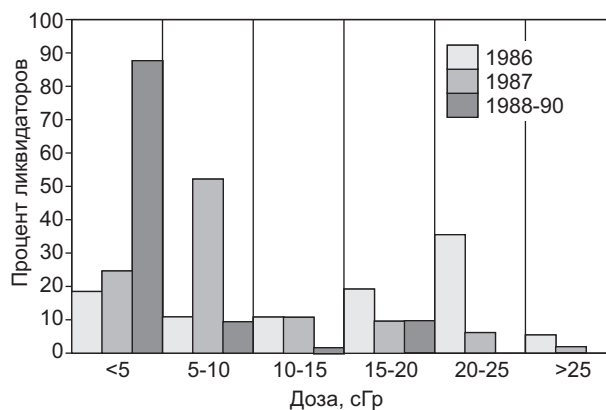


Рис.2. Распределение ликвидаторов по годам въезда в зону аварии и дозам облучения

Таблица 1. Средние индивидуальные и коллективные дозы по различным контингентам свидетелей и участников ЛПА на ЧАЭС в 1986 г.

Контингент	Общая численность, чел.	Объем выборки, чел.	Количество лиц с определенной дозой, %	Средняя доза, Гр	Коллективная доза, чел.-Гр
Пациенты 6-й клинической больницы	133	133	100	3,4	450
Остальные свидетели аварии (ОРВД ЧАЭС)	658	658	100	0,56	370
Персонал ЧАЭС	2 358	2 358	100	0,087	210
УС-605	21 500	8 750	41	0,082	1 760
ПО «Комбинат»	31 021	26 296	—	0,0065	200
Военные	61 762	61 762	—	0,11	6 800
Все контингенты	117 432	—	—	0,083	9 800

Примечание: УС-605 — специализированное строительное предприятие Минсредмаша СССР, осуществлявшее сооружение саркофага, ПО «Комбинат» — предприятие Минсредмаша СССР, осуществлявшего координацию и проведение работ по обеспечению радиационной безопасности в 30-ти километровой зоне.

К сожалению, значительная часть дозовых нагрузок формировалась не только при выполнении безусловно необходимых с точки зрения минимизации последствий аварии работ, но и при проведении неоправданных операций, таких как, например, полная дезактивация г. Припять. Несмотря на принимаемые меры по ограничению облучения участников работ, часть из них подверглась облучению в дозах порядка предельно допустимой (250 мЗв), хотя средние дозы по всему контингенту ликвидаторов 1986 года оцениваются значительно ниже (таблица 2).

Таблица 2. Прогноз последствий облучения участников ЛПА на ЧАЭС

Год въезда в 30-км зону ЧАЭС	Онкологические заболевания на 100 тыс.	Ожидается в 2000 г.		Пожизненный риск	
		Всего	Из них радиационно-обусловленные	Всего	Из них радиационно-обусловленные
1986	Солидные раки	385	18 (4,7%)	21 638	1 089 (5,3%)
	Лейкозы	11	4 (36,4%)	485	113 (23,1%)
1987	Солидные раки	366	10 (2,7%)	19 922	581 (2,9%)
	Лейкозы	9	2 (22,2%)	430	59 (13,7%)
1988–1990	Солидные раки	328	4 (1,2%)	19 532	228 (1,2%)
	Лейкозы	8	1 (12,5%)	392	22 (5,6%)

К настоящему времени, в результате почти пятнадцатилетнего наблюдения за когортой ликвидаторов можно констатировать следующее:

Онкологические заболевания ликвидаторов. Установлена повышенная заболеваемость лейкозами среди ликвидаторов. Среди ликвидаторов выявлено 145 лейкозов, из которых 50 обусловлены радиационным фактором. Анализ заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов за прошедшие годы позволил сделать ряд очень важных выводов.

Во-первых, в течение 2,5–3 лет после Чернобыля не наблюдалось увеличения заболеваемости ликвидаторов лейкозами. Регистрировалось около 5–7 заболевших на 100 тыс. человек в год, что соответствует данным статистической отчетности по онкозаболеваемости стандартизованного по возрасту мужского населения страны.

Во-вторых, в течение 1992–1995 годов, т. е. после окончания латентного (скрытого) периода в индукции радиогенных лейкозов, было зарегистрировано примерно двойное увеличение частоты заболеваемости ликвидаторов лейкозами над ожидаемым (спонтанным) уровнем. Важно отметить, что пик заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов в 1992–1995 годах был зафиксирован также национальными чернобыльскими регистрами Белоруссии и Украины.

В-третьих, в последние годы наблюдения (1996–2000 годы) частота вновь выявленной заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов постоянно уменьшается и приближается к ожидаемому (спонтанному) уровню.

Таким образом, можно сделать основной вывод — прогноз радиационно обусловленной заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов в достаточной степени подтверждается фактическими данными Регистра, впервые выявлена дозовая зависимость радиационной индукции лейкозов для диапазона так называемых малых (порядка 100 мЗв) доз облучения.

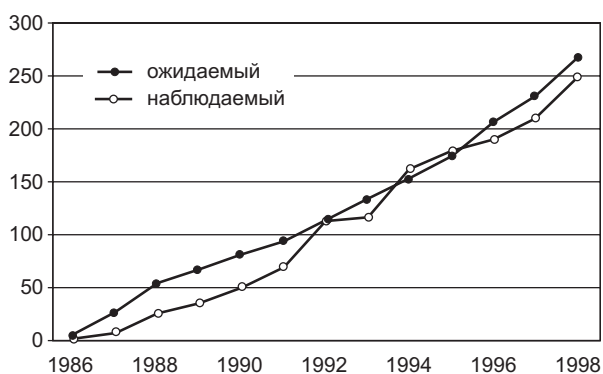


Рис. 3. Ожидаемый и наблюдаемый показатели заболеваемости ликвидаторов солидными раками (на 100 тыс. населения)

Кроме того, у ликвидаторов выявлено незначительное повышение заболеваемости раком щитовидной железы: всего зарегистрировано 55 случаев, из них 12 отнесены к воздействию радиационного фактора.

На основе прямых эпидемиологических методов не удалось однозначно доказать превышение частоты заболеваемости ликвидаторов другими видами онкологических заболеваний (так называемыми солидными раками) над спонтанным уровнем. Эта ситуация была ожидаемой. Во-первых, согласно прогнозу, рост заболеваемости ожидался только в пределах 3–4% (эта величина близка к обычному статистическому разбросу в эпидемиологических исследованиях); во-вторых, латентный (скрытый) период в индукции солидных раков составляет 10 лет и более с момента радиационного воздействия.

Инвалидизация ликвидаторов. За последние годы в системе Регистра зафиксирован серьезный рост инвалидизации среди ликвидаторов: за период с 1991 по 1994 годы в 6,6 раза, с 1994 по 1997 годы — в 1,6 раза. Основной причиной инвалидности являются болезни нервной системы, системы кровообращения и психические расстройства. В настоящее время 27% ликвидаторов имеют инвалидность. Это очень высокий процент, если учесть, что средний возраст ликвидаторов в настоящее время составляет 48–49 лет.

Вместе с тем, выявлено отсутствие дозовой зависимости инвалидизации ликвидаторов, что по существу означает первостепенную роль социального фактора в динамике выхода на инвалидность.

Смертность среди ликвидаторов. За эти годы от самых разных причин умерло более десяти тысяч ликвидаторов, проживающих в России. В то же время смертность мужского населения в возрастной группе 40–50 лет (к этой возрастной группе относится большинство ликвидаторов) выросла за годы перестройки почти на 70%. В этих условиях показатель смертности ликвидаторов от всех причин, включая онкологические заболевания, не превышает аналогичного показателя для мужского населения страны.

Радиологические последствия для населения

Для анализа радиологических последствий аварии принципиально важны два момента:

1. В первые месяцы после аварии значительные территории оказались загрязнены радионуклидами йода, которые эффективно поглощаются щитовидной железой, создавая тем самым повышенные дозы. Как уже отмечалось, йодная профилактика была проведена с запозданием, а в ряде районов не проводилась вообще. В связи с этим последствия облучения щитовидной железы, особенно у детей, явились предметом наиболее тщательных и масштабных исследований.
2. В результате аварии достаточно обширные территории оказались загрязненными радиоактивными веществами, в том числе долгоживущими радионуклидами цезия. Сложилась ситуация для так называемого хронического облучения. И хотя в целом дозы дополнительного облучения не велики по сравнению с вариативностью естественного фона (в отдельных регионах он значительно превышает максимальную чернобыльскую добавку) задача регулярного наблюдения за состоянием здоровья этого населения была признана актуальной.

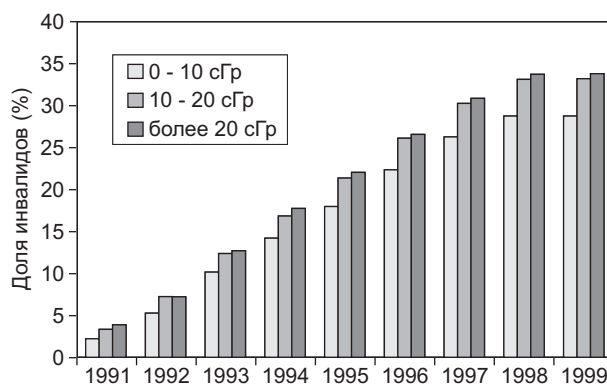


Рис.4. Динамика доли инвалидов среди ликвидаторов, входящих в различные дозовые группы



Рис.5. Сравнение показателя смертности (на 100 000) среди ликвидаторов и соответствующего мужского населения России (1986–1998, данные РГМДР)

В целом подтвердился неблагоприятный прогноз по раку щитовидной железы. Среди детей (на момент аварии на ЧАЭС) Брянской области выявлено 170 раков щитовидной железы, из которых около 55 с высокой вероятностью обусловлено радиационным воздействием от инкорпорированного ^{131}I . В ряде других регионов, где также было отмечено повышение заболеваемости раками щитовидной железы, зависимость частоты заболеваемости от дозы не установлена. То есть основания для отнесения выявленных эффектов к радиационно-индуцированным отсутствуют. В этом случае могли проявиться эффекты скрининга, то есть резкое повышение показателя заболеваемости за счет улучшения диагностики и, как следствие, повышенной выявляемости спонтанных эффектов. Возможно также проявление зубной эндемии и т.д. Но в любом случае, выявленные факты повышения заболеваемости являются прямым ориентиром для действий практического здравоохранения.

Таблица 3. Прогноз последствий облучения жителей загрязненных районов Брянской области. (Плотность загрязнения по цезию выше 37 кБк/м²)

Возрастная группа	Онкологические заболевания на 100 тыс.	Ожидается в 2000 году		Пожизненный риск	
		Всего	Из них радиационно обусловленных	Всего	Из них радиационно обусловленных
Дети (0 - 14 лет)	Солидные раки	19	0,3 (1,6%)	19 700	440 (2,2%)
	Лейкозы	2,2	0,5 (22,7%)	403	19 (4,7%)
Взрослые (более 14 лет)	Солидные раки	50	3,5 (7,0%)	16 860	192 (1,1%)
	Лейкозы	7,6	0,4 (5,3%)	344	16 (4,6%)
Все население	Солидные раки	337	2,6 (0,7%)	17 600	256 (1,4%)
	Лейкозы	6,48	0,5 (7,8%)	350	16 (4,6%)

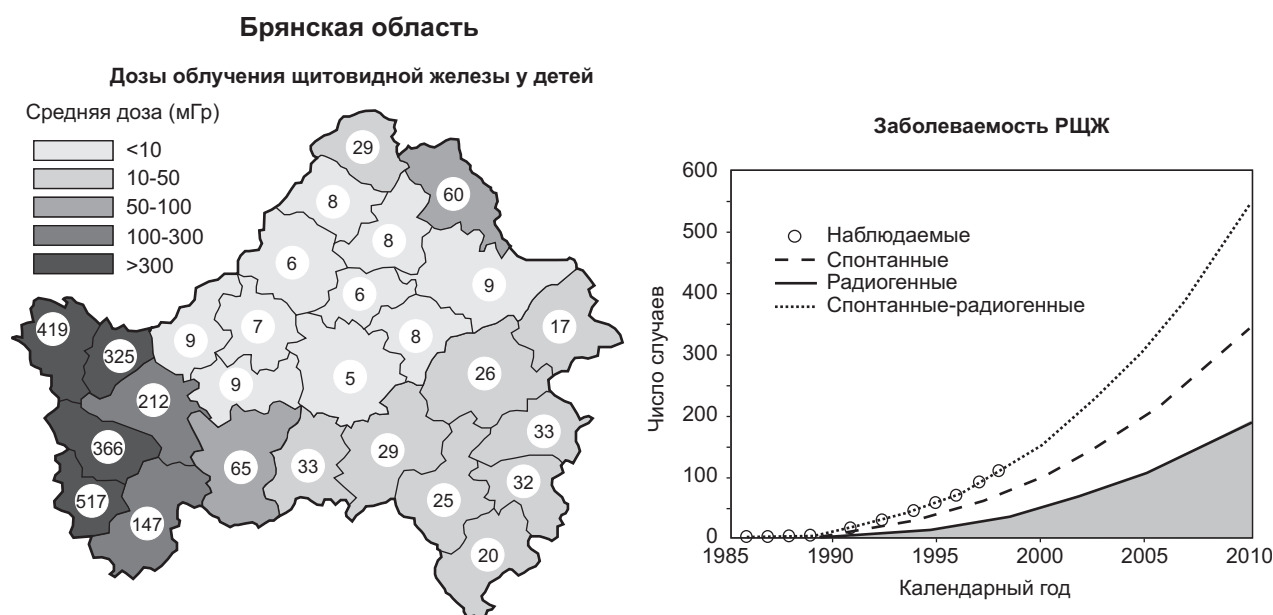


Рис.6. Радиационные риски РЩЖ в Брянской области. Дозы облучения щитовидной железы у детей

Заболеваемость лейкозами следует рассматривать как «индикатор» роли радиационного фактора. Сравнение показателя заболеваемости лейкозами среди жителей 7 наиболее загрязненных районов Брянской области и населения страны в целом не выявило их значимого отличия, т.е. о радиационном риске в индукции гематологических заболеваний говорить нельзя.

Рост заболеваемости населения солидными раками, обусловленный радиационным воздействием, к настоящему времени также не установлен.

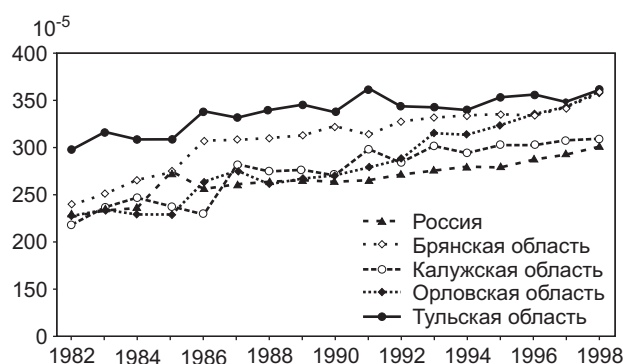


Рис. 7. Динамика показателя онкозаболеваемости 4-х загрязненных областей

Общая оценка состояния здоровья населения, затронутого аварией

Как уже отмечалось, медицинские последствия аварии не исчерпываются чисто радиологическими. Они намного разнообразнее и сложнее. Многолетний стресс, которому оказались подвержены и население, и ликвидаторы, частые самоограничения в потреблении ценных продуктов питания, обусловленные боязнью употребления радионуклидов, заметно более низкий, чем на незагрязненных территориях, уровень жизни вместе с повышенным вниманием медиков привели к тому, что многие показатели заболеваемости и здоровья населения и ликвидаторов ухудшились.

Например, общая заболеваемость взрослого населения, проживающего на загрязненных территориях, достоверно превышает средние по стране показатели при том, что структура заболеваемости и темпы ее роста аналогичны. Преобладают болезни органов дыхания — 20,1%, системы кровообращения — 12,1%, органов чувств — 11,0%. Весьма тревожна и статистика самоубийств среди ликвидаторов, которая заметно выше, чем в среднем по стране.

Таблица 4. Показатели общей заболеваемости (на 100 тыс.) взрослого населения 4-х загрязненных областей

Классы болезней	РГМДР	Россия
Инфекционные и паразитарные болезни	1 939	4 554
Новообразования	4 628	3 349
Болезни эндокринной системы и нарушения обмена веществ	10 150	2 941
Болезни крови и кроветворных органов	497	378
Психические расстройства	5 308	5 163
Болезни нервной системы и органов чувств	16 402	13 127
Болезни системы кровообращения	36 661	14 072
Болезни органов дыхания	22 695	21 017
Болезни органов пищеварения	22 408	9 426
Болезни мочеполовой системы	8 982	6 919
Болезни кожи и подкожной клетчатки	3 640	4 726
Болезни костно-мышечной системы	21 651	8 359
Травмы и отравления	7 588	8 992
Всего заболеваний	165 041	104 869

В связи с этим приоритетное развитие системы практического здравоохранения на затронутых аварией территориях и медицинское обеспечение ликвидаторов остаются долгосрочной задачей государства. Еще более актуальной задачей является оказание высококвалифицированной медицинской помощи критическим группам — детям с выявленными патологиями щитовидной железы и ликвидаторам с выявленными онкологическими заболеваниями.

РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ

*Академик РАН Ю.А.Израэль,
Институт глобального климата и экологии РАН*

Авария на 4-м блоке Чернобыльской АЭС началась с мощного теплового взрыва в активной зоне, в результате которого в атмосферу был выброшен полный набор накопленных к этому времени в реакторе радионуклидов. В результате взрыва образовалось радиоактивное облако, которое, распространяясь по направлению ветра, положило начало процессу радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Начавшийся затем пожар графитовой кладки, поддерживаемый большой энергией, выделявшейся при распаде радионуклидов, привел к длительному выходу радиоактивности в атмосферу в форме струи, которая непрерывно меняла свое исходное направление, следуя направлению ветра. Интенсивный выброс в форме струи наблюдался около 10 суток.

Измерения радиоактивного загрязнения окружающей среды, оценка и анализ радиационной обстановки в населенных пунктах и на территориях вокруг них начались с первого дня аварии на Чернобыльской АЭС и продолжают по настоящий день. Измерения осуществлялись специалистами Госкомгидромета СССР, Минобороны СССР, Украины и Белоруссии, Академий наук СССР, УССР и БССР, Минздрава СССР, Мингеологии СССР и многих других ведомств. Для измерений была задействована наземная сеть станций Госкомгидромета СССР, в том числе гидрологических.

Оперативные радиометрические (дозиметрические) съемки проводились наземными и авиационными средствами. Для съемки струи, следа и отдельных пятен радиоактивности как в ближней зоне, так и практически по всей европейской части СССР использовалось около десяти специально оборудованных вертолетов и самолетов. На некоторых из них были установлены гамма-спектрометры, что позволяло выполнять аэро-гамма-спектрометрическую съемку. Первая полная карта ближнего наземного следа (на расстояниях до 100 км от места аварии) была построена 1-го мая и представлена Правительственной комиссии 2-го мая 1986 г. Такие карты в течение первых дней строились практически ежедневно.

Вся полученная за первые дни информация была использована при выработке 2 мая решения об эвакуации населения из зоны 30-километрового радиуса вокруг Чернобыльской АЭС. В мае 1986 г. также были приняты решения об эвакуации населения из зоны, где доза за 1-й год могла составить 10 и более бэр (критерий, установленный для эвакуации Минздравом СССР). Этой дозе соответствовали уровни радиации на земной поверхности (на высоте 1 м) 5 мР/час на 10 мая 1986 г. Были также приняты решения о зонах отчуждения (с уровнями радиации 20 мР/час на 10 мая 1986г.) и частичного отселения (с уровнями радиации от 3 до 5 мР/час на ту же дату).

По результатам проведенных съемок на 10 мая 1986 г. площади зон составили: отчуждения — 1100 км², отселения — 2940 км². Отметим, что на ту же дату загрязненная выбросами 4-го блока Чернобыльской АЭС территория СССР с уровнями более 0,2 мР/час оказалась равной примерно 50 тыс. км².

В итоге уже в мае мы имели общие представления о радионуклидном составе загрязнения ближней зоны, о чем свидетельствуют данные таблицы 1. Из таблицы следует, что радионуклидный состав выпадений в ближней зоне Чернобыльской АЭС представлен полным набором осколочных радионуклидов (дополнительно к ним — ¹³⁴Cs и ²³⁹Pu — наведенные) в соотношениях, не очень отличающихся от тех, в которых они были наработаны в реакторе к моменту аварии. Исключение из этого правила составляют лишь ¹³¹I и ¹³²Te в северном секторе.

В начале мая 1986 г. были установлены критерии предельного загрязнения местности долгоживущими радионуклидами (на основании существующих ПДК для ^{239,240}Pu в воздухе и предельных дозовых нагрузок): по ¹³⁷Cs — 7–15 Ки/км², ⁹⁰Sr — 3 Ки/км², ^{239,240}Pu — 0,1 Ки/км².

Как показали длительные наблюдения, “связывание” этих радионуклидов с элементами почвы (в основном за счет механизмов заглубления) со временем существенно увеличива-

лось (особенно для изотопов плутония). Отсюда ясно, что критерий $0,1 \text{ Ки/км}^2$ для $^{239,240}\text{Pu}$ был определен с большим запасом.

Таблица 1. Относительный радионуклидный состав выпадений в мае-июне 1986 г. в ближней зоне Чернобыльской АЭС

Радио- нуклид	Период полураспада	Южный сектор		Западный сектор		Северный сектор	
		A_i/A_{95}	$f_{i,95}$	A_i/A_{95}	$f_{i,95}$	A_i/A_{95}	$f_{i,95}$
^{89}Sr	51 дн.	1,6	3,0	0,6	1,3	0,3	0,6
^{90}Sr	28,5 лет	0,16	2,0	0,03	0,4	0,03	0,4
^{91}Y	58,5 дн.	-	-	0,6	0,9	0,5	0,8
^{95}Zr	65 дн.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
^{99}Mo	2,73 дн.	-	-	1,4	1,6	-	-
^{103}Ru	39 дн.	0,7	0,7	0,7	0,7	1,6	1,5
^{106}Ru	368 дн.	0,2	0,35	0,3	0,5	0,4	0,7
^{131}I	8,01 дн.	0,6	1,0	0,6	0,6	6,0	10,0
^{132}Te	3,27 дн.	0,9	1,2	3,8	5,3	10,0	14,0
^{134}Cs	2,06 лет	0,015	0,1	0,14	0,9	0,18	1,2
^{137}Cs	30,1 лет	0,04	0,4	0,2	1,8	0,3	2,7
^{140}Ba	12,6 дн.	0,9	1,0	1,6	1,5	1,1	1,0
^{141}Ce	32,5 дн.	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2
^{144}Ce	284 дн.	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6

Примечание: A_i/A_{95} – отношение активности i -го радионуклида к активности циркония-95 на момент аварии, $f_{i,95}$ – коэффициент фракционирования i -го радионуклида относительно циркония-95

С июля 1986 г. подразделения Госкомгидромета СССР развернули исследования ветрового подъема и осаждения радиоактивных аэрозолей с целью оценки возможного влияния этого процесса на изменения радиационной обстановки загрязненных районов, в том числе — на уровни загрязнения приземного слоя атмосферы, перераспределения радионуклидов на местности, эффективности осуществляемой дезактивации.

Первичные исследования показали, что в целом ветровой подъем и вторичный перенос радионуклидов невелик, за исключением локальных эффектов при работе отдельных видов технических средств с высоким пылеобразованием. Концентрации радиоактивных веществ в приземном слое атмосферы за счет естественного ветрового подъема во всех загрязненных зонах, включая и окрестности Чернобыльской АЭС, даже при достаточно сильных ветрах (до 15 м/с) не превышают уровней, установленных нормами радиационной безопасности для населения (в т.ч. и для плутония-239, 240). Ветровой перенос не приводит к сколько-нибудь заметному вторичному загрязнению местности. Частичный перенос может возникнуть лишь при пыльных бурях.

Обширный объем исследований загрязнения больших и малых территорий европейской части СССР, а затем России, был выполнен с использованием метода аэро-гамма-спектрометрии. Аэро-гамма-спектрометрические съемки загрязнения местности различными радионуклидами (^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{140}La , ^{103}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce) проводились с конца мая 1986 г., а съемки ^{137}Cs проводятся по настоящее время. В первые два года были выполнены работы на территориях с плотностью загрязнения выше 5 Ки/км^2 (по ^{137}Cs) с детализацией внутренней структуры этих пятен. Уже в 1987 г., с использованием высокочувствительной и высокопроизводительной системы “Макфар-2”, аэро-гамма-спектральной съемкой была ”закрыта” территория, на которой были оконтурены все пятна с уровнями по ^{137}Cs более 15 Ки/км^2 и

большая часть пятен с уровнями более 5 Ки/км². В 1988 г. были оконтурены все пятна с уровнями более 5 Ки/км² и определена их внутренняя структура. Затем приступили к исследованию территорий с плотностью загрязнения выше 1 Ки/км², а далее были охвачены территории вплоть до фонового уровня.

По результатам радиационных обследований в 1993 г. в Институте глобального климата и экологии подготовлены и изданы Государственные карты плотности радиоактивного загрязнения местности ¹³⁷Cs Европейской части России (23 листа в масштабе 1:500 000) и карты плотности загрязнения ¹³⁷Cs территории Европейской части СНГ и государств Балтии в масштабе 1:2 500 000.

Все аэро-гамма-спектральные съемки сопровождались контрольным отбором проб почвы. Маршруты пробоотбора прокладывались перпендикулярно основным направлениям распространения чернобыльского загрязнения с учетом ландшафтной структуры территории и наличия автодорог. Особое внимание уделялось пробоотбору на наиболее удаленной и поэтому наименее обследованной ранее части Восточного чернобыльского следа, а также на территориях с имевшейся социальной напряженностью и, кроме того, в горных районах, где летные работы затруднены.

Всего в работах по созданию всех карт, полученных методом аэро-гамма-спектрометрии, были использованы результаты измерений около 1,5 тысяч послойных проб в почвах разных ландшафтов.

Особое внимание уделялось изучению вертикальной миграции ¹³⁷Cs как наиболее распространенного в результате Чернобыльской аварии дозообразующего радионуклида.

Цезий-137 после выпадения в течение нескольких недель формирует начальный профиль, который затем медленно изменяется вследствие вертикальной миграции. Начальный профиль и характер миграции зависит от химических свойств почвы и физико-химических свойств мигрантов. В процессе миграции существенны сорбция радионуклидов частицами почвы, растворение и осаждение, ионный обмен. Важны и процессы деформации почвы при промачивании, промерзании. Наиболее сильное нарушение начального профиля без изменения полного запаса происходит при обработке почвы. При распашке, особенно многократной, выпавшие радионуклиды распределяются практически равномерно на глубину обработки почвы. Нарушение вертикального профиля, сопровождающееся горизонтальной миграцией, происходит при земляных работах, на скотопрогонах, автодорогах. Нарушенные профили формируются также в пределах естественных азональных ландшафтов в связи со смывом и эрозией, переотложением смытого вещества на поймах рек, днищах и конусах выноса эрозионных форм рельефа, в связи с воздействием ветрового переноса вещества.

Анализ изменчивости вертикального распределения ¹³⁷Cs показал отсутствие зависимости заглубления от расстояния от Чернобыльской АЭС.

В период 1992–1995 гг. Институт глобального климата и экологии организовал и провел экспериментальные работы по пробоотбору почв с последующим гамма-спектрометрическим и радиохимическим анализами с целью определения содержания в почве наряду с ¹³⁷Cs других долгоживущих радионуклидов чернобыльского происхождения. Экспедиционные работы были выполнены в пределах основных крупных пятен на территории России. В результате анализа 175 проб в каждой из них было получено содержание ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ²³⁸Pu, ^{239,240}Pu, ²⁴¹Am. Это исследование показало, что ни в одном из наиболее интенсивных пятен на территории России нет превышения 3 Ки/км² по ⁹⁰Sr и 0,1 Ки/км² по ^{239,240}Pu.

Радиоактивное загрязнение водных объектов, в т.ч. рек, на территории Российской Федерации, Украины и Белоруссии постоянно контролировалось, начиная с первых дней после аварии, тем более что авария прихлалась на весенний паводок. Этот контроль продолжается и сейчас, особенно там, где на водосборах имеются “цезиевые пятна”.

Таким образом, в результате аварии на Чернобыльской АЭС возникли угрозы радиоактивного загрязнения водных объектов по всем известным механизмам загрязнения: непосредственное осаждение радиоактивных продуктов на водную поверхность, сток с загрязненных водосборов во время дождевых и весенних паводков и миграция с подземными водами.

Наиболее быстро, практически сразу после аварии, которая произошла в заключительной фазе весеннего паводка 1986г., проявились эффекты прямого осаждения радионуклидов на водную поверхность рек, водохранилищ и морей. Затем периодически наблюдалось

повышение уровня радиоактивного загрязнения рек во время дождевых паводков 1986 г. Во время весенних паводков 1987 и 1988 гг. были получены важные данные о влиянии загрязнения водосборов на содержание радионуклидов в речных водах. Влияние подземных вод на загрязнение рек и водохранилищ пока практически не отмечено, продолжаются исследования и наблюдения.

Чернобыльская АЭС расположена на территории с развитой гидрографической сетью. Тридцатикилометровая зона и основная часть радиоактивного следа расположены в водосборном бассейне р. Днепр и его притоков — Припяти, Ужа, Брагинки, Десны, Тетерева, Ирпеня, Сожа и др. На этой территории, а также на водохранилищах Днепровского каскада расположены стационарные пункты контроля качества поверхностных вод Общегосударственной службы контроля и наблюдения за загрязнением окружающей среды (ОГСНК). Наличие таких стационарных пунктов позволило оперативно отобрать пробы уже в первые дни после аварии.

Согласно нашим прогнозам, выполненным еще в 1986 г., а затем в 1987–1988 гг., при надежной изоляции зоны промплощадки (площадью примерно 10 км²) и пруда-охладителя, суммарная радиоактивность и активность отдельных радионуклидов со всего следа в стоке в течение года не должна была превысить активности радионуклидов, поступивших в воду за время прохождения облака и струи в первые дни после аварии, а их концентрация в воде в дальнейшем не должна превысить допустимых значений. Этот прогноз оправдался.

Вместе с тем, для контроля ситуации в послеаварийный период была оперативно развернута дополнительная система мониторинга, которая охватила все большие и малые водотоки в зоне радиоактивного загрязнения, все водохранилища Днепровского каскада, а также Балтийское, Черное и Азовское моря.

В июне 1987 г. геофизиками и гидрологами было обследовано Азовское море. Главной задачей этих исследований была оценка уровней загрязнения морской воды и донных отложений. Проведенные изотопные анализы проб морской воды, взвешенного вещества и донных отложений позволили установить, что концентрации радионуклидов чернобыльского происхождения, таких, как ¹⁴¹Ce, ¹⁴⁴Ce, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Ru, ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ²³⁸Pu, ²³⁹Pu, ²⁴⁰Pu, ³H, в 100 и более раз ниже предельно допустимых уровней для питьевой воды и не представляют опасности для здоровья человека. Обследование межфазного распределения в системе морская вода - взвесь показали, что такие изотопы, как ¹⁴¹Ce, ¹⁴⁴Ce, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Ru, ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb, находятся в основном во взвесь и накапливаются в донных отложениях, в то время как ⁹⁰Sr и ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs остаются более чем на 90% в водной фазе и вследствие этого длительное время будут находиться в толще морской воды.

В первые месяцы после аварии советскими и зарубежными специалистами были проведены аналогичные исследования радиоактивного загрязнения Балтийского моря, над акваторией которого проходили траектории воздушных масс из района аварии.

После аварии Минводхозом СССР вокруг Чернобыльской АЭС были пробурены на расстоянии нескольких сот метров десятки скважин для осуществления контроля качества вод на глубину водоносного горизонта. Наблюдения за концентрациями ⁹⁰Sr в воде этих скважин в течение полутора лет после аварии показали, что эти концентрации не превышают фоновых значений.

Большой объем работ был связан с получением информации об уровнях загрязнения населенных пунктов. В России по состоянию на 1995 г. было обследовано 11 457 населенных пунктов в 23 административных областях. Там было отобрано за весь период после аварии около 90 000 почвенных проб, которые были подвергнуты гамма-спектрометрическому анализу, а часть — радиохимическому.

В настоящее время создано и опубликовано два значительных картографических произведения, посвященных представлению радиационной обстановки на обширных территориях после Чернобыльской аварии:

- Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии, созданный в рамках программы Европейской Комиссии “Международное сотрудничество по изучению последствий Чернобыльской аварии”, вышел в свет 15 июля 1998 г.;
- Атлас радиоактивного загрязнения Европейской части России, Беларуси и Украины, созданный по государственной программе “Атлас” Росгидромета и Роскартографии, вышел в

свет 1 октября 1998 г. Атлас включает 74 карты радиоактивного загрязнения масштаба от 1:10 000 000 до 1:500 000.

Создание и публикация этих Атласов является важным результатом развития синтеза и интерпретации данных радиационного мониторинга.

Таблица 2. Площади загрязнения цезием-137 Европейской территории бывшего СССР, тыс. км² (1993 г.)

Территория	Уровень загрязнения, Ки/ км ²						
	0,1–0,2	0,2–0,5	0,5–1	1–5	5–15	15–40	>40
Европейская часть России	880	370	110	48,8	5,7	2,1	0,3
Украина	140	190	70	37,2	3,2	0,9	0,6
Беларусь	15	67	26	29,9	10,2	4,2	2,2
Молдова	10	23	0,15	0,06	-	-	-
Страны Балтии	80	12	-	-	-	-	-
Всего:	1125	662	206	116	19,1	7,2	3,1

Примечание. Общая площадь Европейской части бывшего СССР равна 4,45 млн. км²

В населенных пунктах и их окрестностях на изменение уровней загрязнения цезием-137 влияет хозяйственная деятельность, включая мероприятия по дезактивации местности и строений, по борьбе с эрозией почв и т.д. Происходящие вследствие этого изменения в уровнях загрязнения цезием-137 также имеют локальный характер и могут прогнозироваться только в рамках планируемых и осуществляемых административно-хозяйственных мероприятий. Многочисленные данные свидетельствуют о том, что при возможном изменении вертикального профиля распределения цезия-137 в разных почвах, запас этого радионуклида, в основном, будет сосредоточен в верхних 20–30 см как через 10 лет после выпадения, так и через 30–50 лет, а величина запаса с течением времени будет зависеть только от радиоактивного распада цезия-137.

О заглуплении цезия-137 чернобыльского происхождения и его выведении из корнедоступного слоя в обозримом будущем можно судить по целому ряду наблюдений прошедших после аварии 15 лет. Исследования последний лет, проведенные Институтом глобального климата и экологии на Брянском, Тульском и Пензенском цезиевых пятнах показывают, что в слое 0–5 см содержится 55–85% цезия-137, а весь его запас сосредотачивается в верхних 30 см. Эти данные подтверждают тезис о сравнительно малой вертикальной подвижности цезия-137.

Из результатов прогнозирования следует, что уровни загрязнения более 40 Ки/км² исчезнут в 2049 г., однако, пятна с такими уровнями площадью 10 км² не будут наблюдаться уже примерно к 2006 г.; уровни загрязнения более 15 Ки/км², наблюдающиеся в настоящее время на территории Брянской области, окончательно исчезнут примерно через 100 лет после аварии (в 2092 г.). Уровни снизятся до значений менее 1 Ки/км² в этой области только примерно через 320 лет после аварии. В период до 2000 г. уровни загрязнения стали ниже 1 Ки/км² в Смоленской области и Чувашии. До 2020 г. такое же снижение уровней будет наблюдаться в Саратовской области, Татарстане, Ленинградской и Нижегородской областях. До 2030 г. из перечня областей с повышенными уровнями загрязнения выйдут Ульяновская, Белгородская, Воронежская Тамбовская и Липецкая области; до 2050 г. — Мордовия, Рязанская, Пензенская и Курская области. После 2050 г. уровни более 1 Ки/км², кроме Брянской области, сохранятся в Калужской, Тульской и Орловской областях.

*Материал подготовлен по статье из книги “Чернобыль: 15 лет спустя”.
Под общей редакцией Н.В.Герасимовой.
М.: Издательство “Контакт-Культура”, 2001*

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПЛОЩАДКЕ ЧАЭС И ВНУТРИ УКРЫТИЯ 4 БЛОКА (1986-1991 гг).

Академик РАН С.Т.Беляев, РИЦ "Курчатовский институт"

26.04.86, сразу после получения сообщения об аварии и образования правительственной комиссии (ПК) перед ИАЭ им. Курчатова была поставлена задача оказания помощи ПК в анализе причин аварии, оценке сложившейся на станции ситуации, прогнозирования ее развития, научно-технического обоснования первоочередных мер по ликвидации аварии.

В институте был организован штаб, создана оперативная экспертная группа при правительственной комиссии в Чернобыле и образованы 10 тематических рабочих групп.

Штаб ежедневно по информации с ЧАЭС оценивал состояние аварийного объекта, уточнял задания рабочих групп, проводил анализ всей поступающей информации, а выработанные решения передавались на объект и в другие организации и инстанции. По заданиям ПК осуществлялась широкая координация исследований, проводившихся в организациях других ведомств и АН СССР, так что фактически проводившаяся работа носила межведомственный характер.

Основные проблемы, требовавшие решений:

- оценка количества выброшенного топлива и радиоактивных нуклидов, их распределение и миграция;
- радиационная обстановка и ее прогноз, радиационные условия в здании ЧАЭС и на прилегающей территории в процессе ликвидации последствий аварии;
- диагностика состояния аварийного блока и работы по его консервации;
- детальный анализ причин аварии, концепции безопасности на реакторных установках РБМК и предложения по повышению их безопасности;

1. Диагностика на площадке ЧАЭС до сооружения укрытия.

Работы по ликвидации последствий аварии требовали возможно более полной и оперативной диагностики объектов, затронутых аварией. Информация о дозовых нагрузках, радиационной обстановке в помещениях и на площадке станции, загрязнении почвы, воздуха и воды поступала от различных организаций и групп. Часто эти данные были отрывочны и противоречивы. Для получения общей достоверной картины требовалась серьезная работа по сравнительной оценке данных и методик, проведению контрольных измерений. Необычность ситуации зачастую требовала поиска новых методов диагностики, создания специальных приборов и методик.

Рассказать или даже упомянуть о всех работах, проведенных в первый период после аварии многими группами и организациями, просто невозможно, поэтому отобраны (возможно, субъективно) лишь некоторые работы, которые представляются поучительными своей оригинальностью и иллюстрируют стиль работы в сложных послеаварийных условиях.

Стадии радиоактивных выбросов.

Взрыв реактора 26 апреля 1986 г. сопровождался выбросом топлива как в виде макроскопических фрагментов, так и в мелкодисперсной форме. Урановое топливо содержало в себе набор радиоактивных изотопов, которые образуются в нем за время работы реактора. Летучие радионуклиды выбрасывались также в газовой и аэрозольной форме.

26.04 - 02.05 продолжался пожар, и вместе с продуктами горения выбрасывалась сорбированная на них радиоактивность. В этот период в развал реактора было сброшено с вертолетов до 5 тысяч тонн различных материалов. В результате пожар был потушен, но ухудшилось охлаждение топлива.

Значительный выброс активности продолжался до 05.05, после чего резко уменьшился.

Сложность и многостадийность происходившего процесса привела к двум существенно различным формам радиоактивных выбросов: осколочной активности внутри выброшен-

ных фрагментов топлива и выделившихся из оставшегося в реакторе нагретого топлива летучих нуклидов (главным образом йода и цезия). Топливная компонента выпала в основном в ближней зоне, а летучие нуклиды в виде аэрозольных облаков распространялись на большие расстояния и выпадали на грунт в зависимости от локальных метеорологических условий.

Подтверждение этой картине было получено из первых же радиоактивных проб при анализе отношений активности летучего цезия-137 и нелетучего церия-144

Активность, наработанная в топливе 4-го блока перед аварией, хорошо рассчитывается и была известна, но количество испарившихся из топлива летучих нуклидов не поддавалось расчету из-за неизвестных тепловых условий в топливе во время и после аварии. Таким образом, необходимо было определить как полное количество выброшенного топлива, так и выброс летучих радионуклидов.

Первые оценки выброшенного топлива.

Одна из первых работ была сделана в ИАЭ (“Справка № 1” от 15.05.86). Количество выброшенного топлива оценивалось на основе результатов измерений гамма- и альфа-спектров аликвоты раствора воздушного фильтра, взятого 27.04, и гамма-спектров проб грунта, взятых в первые дни после аварии на протяжении 120 км от Припяти до Киева. Идея метода основывалась на близких физических свойствах (высокая температура кипения, нелетучесть) в топливной матрице изотопов плутония и церия. По отношению активностей плутония и церия на фильтре определялся для них коэффициент корреляции (КК). Затем по активности церия-144 в почвенных пробах восстанавливалось содержание в них плутония. Далее считалось, что выброс имеет симметрию, близкую к круговой, строилось распределение концентрации плутония по кольцевым зонам и определялось его полное количество. Отсюда был оценен выброс топлива: около 6 тонн урана, т.е. 3% от его количества в реакторе.

Несмотря на приблизительность такой оценки, в ней были заложены идеи, развитие которых позволило впоследствии фактически подтвердить полученную оценку, но со значительно большей точностью и надежностью. Основное предположение состояло в том, что выброс основных (малолетучих) нуклидов, в том числе трансурановых элементов, имеет топливный состав. Это предположение, подтвержденное затем многократными измерениями коэффициентов корреляции (например, отношения активностей плутония и церия-144), давало возможность оценивать содержание плутония в грунте методом гамма-спектрометрии (церия-144), вместо весьма трудоемких радиохимических анализов (на плутоний и другие трансурановые элементы).

Примером того, к чему может приводить некритичное применение “прямых” радиохимических методов может служить “Отчет № 1” ГЕОХИ (работы в период 20.05 – 25.06), где количество выброшенного топлива ошибочно оценивалось в 25–40 тонн. Хотя эти выводы существенно противоречили полученным ранее оценкам ИАЭ и других организаций (Госкомгидромет, РИ им. Хлопина), правительственной комиссией было дано поручение ИАЭ обобщить данные всех измерений и дать обоснованную оценку выброса.

Методы оценки выброса

Для более точной оценки выброса, его состава и поверхностного распределения применялась трехзвенная система: измерение мощности экспозиционной дозы (МЭД) — гамма-спектрометрия проб почвы, воды, воздуха — радиохимические анализы. Измерения МЭД проводились на больших площадях с помощью вертолетных комплексов. В комбинации с наземными измерениями и анализами проб это позволяло связывать МЭД с выпадениями гамма-радионуклидов. Радиохимия позволяла контролировать устойчивость коэффициентов корреляции между трансурановыми элементами (в основном плутонием) и гамма-излучателями (церием-144).

Задача о связи между гамма-полем и его источниками значительно усложнялась на площадке станции из-за неоднородности загрязнений, сложного рельефа зданий и сооружений и недоступности локальных измерений в связи с большими гамма-полями. Между тем подробная карта радиоактивных выпадений на площадке была необходима не только для подсчета суммарных выпадений, но и для планирования работ по дезактивации. Успешным методом явилось сканирование с помощью подвешенного на вертолете экранированного

детектора, собиравшего излучение от квадратов со стороной в 10 метров. Так была получена картограмма полей наиболее загрязненных участков и крыш 3 – 4 блоков (зоны реактора, северного и южного барабанов-сепараторов, деаэрационной этажерки, машинного зала).

Детальные измерения МЭД на кровлях “М”, “Н”, “Л”, “К” были проведены с помощью размещенных там длинных лентообразных твердотельных дозиметров - метода, который успешно использовался в дальнейшем для съемки объемной конфигурации гамма-поля.

Кроме описанных методов диагностики был предложен и ряд других. Часть из них успешно применялась, другие по ряду причин прошли лишь лабораторные испытания. Отметим два метода, подтвердивших свою работоспособность и перспективность.

Метод наблюдения в ультрафиолете.

Для оценки радиационной обстановки на площадке станции был бы идеален прибор, дающий возможность дистанционно “видеть” источники радиации. Сразу после аварии делались предложения залить площадку жидким сцинтиллятором, свечение которого под действием гамма излучения можно было бы дистанционно фотографировать. Все такие предложения оказывались нереальными из-за дороговизны и отсутствия больших количеств сцинтилляторов. Идея о том, что “сцинтиллятором” может служить сам воздух, казалась очень обещающей. Для реализации требовался прибор видения в ультрафиолете, который и был оперативно создан. Натурные испытания проводились в двух вариантах: фотографированием отдельных объектов промплощадки с крыши 1-го блока и фотографированием прилегающих к площадке территорий с вертолета.

Метод оказался эффективным при больших загрязнениях (ограничение накладывает фон свечения ночного неба).

Коллимированный дозиметр.

Гамма-поле на промплощадке ЧАЭС имело сложную структуру, образованную как многочисленными источниками на загрязненных стенах и крышах, так и рассеянным фоном от развала реактора. Для рациональной организации работ по дезактивации требовались оценки вклада каждого источника в общую МЭД. Для этой цели очень полезными оказались коллимированные дозиметры, которые могли отделить прямое излучения источника, на который они направлялись, от рассеянного фона. Данные последовательной “съемки”, дополненные компьютерными расчетами, давали возможность определить вклад в МЭД каждого источника, рассчитывать снижение МЭД при удалении каждого источника и оценивать эффективность дезактивационных работ до их проведения. В результате удалось, не проводя неэффективной дезактивации, избежать излишних “дозовых затрат”.

Впоследствии усовершенствованная мобильная установка с коллимированным дозиметром очень успешно применялась для оперативного получения детальных карт загрязнений в населенных пунктах.

“Гамма-визор”.

Настоятельно требовалась диагностика для регистрации (“съемки”) ярких источников гамма-излучения на фоне относительно слабого свечения остальной засыпки 4-го блока. В ИАЭ был предложен прибор, в котором жесткое рентгеновское излучение, проходя через входное отверстие камеры-обскуры, поглощалось сцинтиллятором, свечение которого затем усиливалось электронно-оптическими преобразователями, а затем с помощью телекамеры записывалась на видеоманитофон. На пленке фиксировалось гамма-изображение участка поверхности, которое потом привязывалось к оптическому изображению. Прибор получил название “гамма-визор”. Были задействованы различные его модификации: вертолетный, ручной (переносной), автомобильный. С помощью гамма-визора были успешно проведены работы по поиску кусков и пятен повышенной активности внутри помещений и на крышах 3-го и 4-го блоков.

Прибор оказался очень эффективным. В настоящее время он усовершенствован с учетом опыта Чернобыля и для него открылись новые области использования.

Оценка оставшегося топлива по тепловому потоку над развалом реактора.

Оценки выброшенного топлива дали основание предполагать, что более 96% ядерного горючего осталась в помещениях 4-го блока. Независимое подтверждение могло дать измерение тепловых потоков от нагреваемого радиоактивными распадами топлива. Программа такого эксперимента была утверждена правительственной комиссией 10 июля 1986 года и реализована 21–22 июля. Идея состояла в киносъемке дымовых шлейфов над шахтой реактора. Предварительная проверка на вертодроме показала, что воздушная струя от винта вертолета при длине троса с дымовой шашкой порядка 50 метров не искажает шлейфа. Было проведено несколько проходов над реактором. Киносъемка велась с вертолета сопровождения и с земли. Было установлено, что воздушный поток над шахтой 4-го блока крайне неравномерный. При средней скорости потока 0,25 метров в секунду были обнаружены отдельные струйные потоки, один из них в районе вентиляционной шахты с расходом около 150 м³/с. Полученные данные с привлечением температурных измерений позволили оценить полный тепловой поток и его источник. Результат расчета не противоречил предположению о том, что все топливо находится в помещениях блока.

Радиационная и теплофизическая разведки размещения топлива в помещениях 4-го блока.

Разведка размещения топлива внутри помещений 4-го блока и создание затем оперативной системы контроля за его состоянием стала одной из основных задач (которой пришлось еще долго заниматься и после создания “Укрытия”). Особую опасность могли представлять гипотетические случаи тепловой изоляции топливных масс с высокими температурами, способными проплавливать материалы перекрытий. Поэтому наряду с радиационной диагностикой были очень актуальны и температурные измерения.

В течение мая-июня была проведена большая программа по визуальной и радиационной разведке доступных помещений 4-го и 3-го блоков и многочисленных модельных расчетов. В результате были сделаны следующие выводы: основной объем оставшегося топлива сосредоточен в шахте реактора, бассейне выдержки, на полу центрального зала, ряде подреакторных помещений. В машзале, деаэрационной этажерке, бассейне-барботере, помещениях 3-го блока существенных количеств топлива нет.

Визуальная разведка проводилась в тяжелых условиях с плохо приспособленными приборами, с планами помещений, иногда не соответствовавшими действительности.

Первый этап разведки позволил наметить программу дальнейших исследований: из разведанных относительно чистых помещений, где могли какое-то время находиться люди, через сохранившиеся трубопроводы с помощью специальных зондов попытаться проникнуть как можно ближе к расположению топлива. Созданные устройства позволяли с помощью одного зонда оценивать МЭД, температуру и нейтронные потоки.

Высоких температур обнаружено не было даже в местах с очень высокими значениями МЭД. Полученная общая геометрия радиационного поля позволяла провести серию модельных расчетов для оценки возможного количества топлива и его расположения. Результаты не противоречили картине с расположением основного топлива в шахте реактора и в подреакторном помещении, но получить более определенную картину было невозможно.

Оперативный контроль тепловых и радиационных характеристик 4-го блока в период строительства “Укрытия” (август – декабрь).

Радиационная и теплофизическая разведка давала данные для проектирования и сооружения “Укрытия” 4-го блока. Одна из важнейших задач состояла в организации контроля на развале реактора. Была разработана программа, получившая название “Буй” по форме диагностических комплексов, которые предстояло разместить вертолетом непосредственно на поверхности аварийного реактора.

Каждый комплекс, весом около 300 кг, размещал 14 датчиков: 2 датчика теплового потока, 2 никелевых термометра сопротивления, 2 медных термометра сопротивления (для измерения температуры поверхности), 6 термоанемометров для измерения скорости воздуха с термометром сопротивления и датчик измерения МЭД. Сигналы от датчиков по 250-метро-

вому кабелю поступали на регистрирующие приборы. Десять комплексов-бுவ было установлено на развале реактора в период 6–18 августа. Сложные условия установки бுவ и прокладки измерительного кабеля привели к потере работоспособности некоторых детекторов, но 74% всех приборов дали информацию.

Начало строительства укрытия в связи с принятой технологией строительно-монтажных работ определило ограниченный срок функционирования размещенной системы бுவ и к 17 сентября устойчиво работало только два из них. В середине сентября пять новых був было установлено с помощью крана “Демаг”, что обеспечило большую точность и надежность их размещения. Два бுவ были установлены непосредственно на боковую поверхность схемы “Е”.

Программа “Буй” дала надежные данные о радиационной и температурной динамике развала реактора. Удалось построить карту тепловых потоков над развалом.

Температура поверхности развала за все время наблюдения не превышала 65 градусов, а в некоторых точках совпадала с температурой окружающего воздуха. Нагретая средняя часть развала реактора охлаждается как тепловой диффузией через материалы развала, так и воздушным потоком. Надежно зарегистрирован процесс монотонного остывания реактора, уменьшение тепловых потоков и мощности дозы гамма-излучения от него.

Диагностика миграции и ветрового переноса радиоактивности.

Вопрос о миграции и ветровом переносе радионуклидов неоднократно заострялся, особенно организациями, проводившими работы по дезактивации населенных пунктов в связи с малой результативностью этих работ. Работы по оценке коэффициентов ветрового подъема как на площадке, так и за ее пределами проводились регулярно традиционными методами. Но я хочу рассказать об одном оригинальном эксперименте, проведенном в июле 1986 г. с использованием вертолетной спектрометрической системы “Макфар”. Эта система, которая ранее использовалась геологами для поиска урановых месторождений, была настроена на очень слабые гамма-поля. В чернобыльской ситуации данные “Макфара” требовали независимой нормировки. С этой целью параллельно использовался другой вертолет с подвесными дозиметрами и периодически проводилась привязка к наземным пробам.

Система “Макфар” позволяла строить карты с гамма-изодозами в нескольких спектрометрических интервалах при сканирующих облетах участков загрязненных территорий. За один “рабочий день” можно было снять достаточно подробную карту участка 15–20 км. В радиусе 50 км были выбраны 6 участков в разных направлениях от ЧАЭС и каждый день проводился их последовательный облет. Таким образом, для каждого участка были получены серии карт, снятых через определенные временные интервалы. Второй вертолет проводил дозиметрию в тех же районах, главным образом, в населенных пунктах. В период с июня по август было проведено несколько экспедиционных работ и получен обширный материал.

Один из выводов, который следовал из анализа полученных данных: в общем, ветровой перенос на прилегающих к зоне территориях относительно мал и заметен только в местах с сильным перепадом поверхностного загрязнения.

Пылеподавление на промплощадке.

На площадке станции, где работали большие коллективы ликвидаторов, проблема пылеподавления была очень актуальной. Выбросы 4-го блока, в основном в виде пыли и аэрозолей, постоянно контролировались планшетами, воздушными фильтрами. Намечаемый пуск 1-го и 2-го блоков с запуском приточной вентиляции также требовал снижения загрязненности воздуха на площадке. Анализировались и проверялись различные способы пылеподавления. В августе 1986 года удалось быстро и относительно простыми средствами кардинально улучшить ситуацию. Детали этой работы интересны и поучительны.

Дозиметры, установленные на развале реактора, в отличие от установленных в закрытых помещениях блока, показывали временами заметное снижение активности, связанное с атмосферными осадками. Это можно было объяснить смыванием дождем радиоактивной пыли. С другой стороны, попадание воды в развал реактора вызывало опасения в связи с неизвестным состоянием топлива в нем. Эти опасения были сняты после очень сильного ливня 23.07.86, в результате которого, как было подсчитано, в развал реактора попало 16 тонн во-

ды. При этом никаких отрицательных побочных явлений в поведении развала не наблюдалось. Это позволило разработать проект об обработке развала жидкими закрепляющими растворами. Предложение было рассмотрено правительственной комиссией и принято к исполнению после испытаний на макете.

Первый этап дезактивации был проведен в течение трех дней с 06.08 по 09.08 с использованием четырех вертолетов, которые за 10 вылетов доставили в развал 180 тонн 5% раствора тринатрийфосфата и 180 тонн полимерной композиции. В результате произошло значительное снижение выноса радиоактивных частиц из развала восходящими потоками воздуха. Вскоре подобная операция была повторена. В результате концентрация радиоактивных аэрозолей на территории станции снизилась в десятки раз. В дальнейшем подобные обработки проводились и другими композициями и концентрацию активности в воздухе на станции и прилегающих районах удалось снизить ниже временных допустимых норм.

Заключение по разделу 1

Упомянутые работы, отобранные, во-первых, в качестве примеров, показывающих, как необычность ситуации рождает необычные решения. Во-вторых, как однажды найденное необычное решение может привести к новым приборам и методикам. В третьих, для иллюстрации стиля организации и проведения работ в условиях временного прессинга и отсутствия полной информации. И, наконец, хотелось показать, как и в тех трудных условиях получались достоверные и надежные результаты.

Все работы имеют отношение к Курчатовскому институту, и автор был знаком с ними еще при их планировании и проведении (как руководитель рабочей группы по научно-техническому обеспечению диагностических исследований). Однако их участниками являлись и другие организации и группы. Поэтому автор сознательно не упоминал организации и фамилии участников работ по двум обстоятельствам. Во-первых, рассмотренные работы — результат отбора и, как всякий отбор, он в значительной мере субъективен. Во-вторых, в то напряженное время участники работ не думали об авторских правах. Все предложения досконально рассматривались в рабочих группах и часто окончательно принимаемые планы мало напоминали первоначальные. Подобная динамика авторского коллектива часто происходила и по ходу проведения работ. Как правило, никаких авторских отчетов не было и сохранились лишь формальные акты о проведенных работах, утверждаемые правительственной комиссией. Только непосредственные участники работ вправе определять свои вклады.

2. Исследования внутри укрытия

Во время аварии 4-го блока ЧАЭС 26 апреля 1986 года была разрушена активная зона и часть здания, где располагался реактор. Верхняя часть шахты реактора была разрушена, ее крышка была подброшена при взрыве и, повернувшись на 105 градусов, упала обратно, заняв почти вертикальное положение. Особенно сильно была разрушена северная сторона здания.

Для консервации блока было решено соорудить укрытие с целью защиты окружающей территории от повышенной радиации и предотвращения выхода радиоактивности в окружающую среду.

Укрытие над разрушенным реактором было сооружено за очень короткий срок. Проектирование и строительство длилось с июня по ноябрь 1986 года. Основу укрытия составляют северная каскадная стена и западная стена. С востока располагается 3-й блок, а с юга примыкает общий для 3-го и 4-го блока машинный зал. Поэтому с этих двух сторон не могли быть сооружены столь же фундаментальные защитные стены, а проводилось укрепление и бетонирование уже существующих помещений. Сверху укрытие было закрыто трубным накатом, т.к. более тяжелое перекрытие положить было невозможно из-за отсутствия достаточно прочных опор на западе и юге.

По расчетам проектировщиков и строителей укрытие должно было простоять до 2010 года и выдержать землетрясение до 6–7 баллов. Сооружение укрытия за предельно короткий срок при сложных радиационных условиях и отсутствии всей необходимой для строительства предварительной информации явилось совершенно уникальным мероприятием. После

сооружения укрытия радиационная обстановка на площадке радикально улучшилась, а радиоактивные выбросы практически свелись к нулю.

Хотя основная цель была достигнута, но полностью загерметизировать остатки 4-го блока не удалось. Общая площадь щелей в укрытии достигает 1000 кв.метров.

Что представляет собой внутренность укрытия? Что стало с активной зоной? Где и в каком состоянии находится топливо? Какого типа процессы происходят с топливом, конструктивными и строительными элементами?

На эти и другие подобные вопросы начали искать ответы с первых дней после аварии. В конце 1987 года планирование, проведение и координация всех работ в укрытии были возложены на организованную с этой целью Комплексную экспедицию Курчатовского института. Ее коллектив складывался в значительной степени из временных целевых исследовательских групп различных организаций и ведомств из Москвы, Ленинграда, Киева и других городов, предложения которых были приняты на конкурсной основе экспертным советом экспедиции.

Работа комплексной экспедиции КИАЭ продолжалась до мая 1992 года, когда все имущество, полученные материалы, отчеты и лабораторное оборудование были переданы организованному в Чернобыле правительством Украины Межведомственному научно-техническому центру (МНТЦ) Академии наук Украины. Результаты, полученные в рамках Комплексной экспедиции КИАЭ обширны и многообразны. Тем не менее, на одни вопросы мы сегодня можем ответить доказательно, на другие — только предположительно.

Разведка внутри укрытия и подготовка внутренних плацдармов

Первой задачей экспедиции было исследовать обстановку внутри укрытия и создать условия для проникновения вглубь укрытия и работы в нем.

В процессе сооружения укрытия внутренние помещения 4-го блока претерпели заметные изменения. Ряд помещений были полностью или частично заполнены строительным бетоном для сооружения опор. При этих работах бетон неконтролируемо заливал и другие помещения. В результате существенно поменялась как внутренняя структура помещений и проходов, так и радиационная обстановка внутри блока. Была развернута работа по разведке помещений, их дезактивации, укреплению разрушенных конструкций. Параллельно велась установка диагностических приборов, вывод коммуникаций на центральный пульт, монтаж приборного и компьютерного оборудования и отладка системы обработки данных.

Одно из главных направлений этих исследований было направлено на обнаружение мест сосредоточения топливных масс. Следовало ожидать, что основные топливные массы находятся в следующих местах:

- в шахте реактора, где до аварии располагалась уран-графитовая кладка реактора РБМК;
- в надреакторном центральном зале, куда заведомо часть топлива при взрыве была выброшена из шахты реактора. (Фрагменты активной зоны находили в первые недели после аварии на крышах зданий и окружающей территории. Значительная их часть была захоронена под северной каскадной стеной);
- в бассейнах выдержки, где хранились до аварии отработанные топливные элементы;
- в нижних подреакторных помещениях, куда топливо также могло попасть при взрыве.

Исследования в шахте реактора.

Естественно было предполагать, что большая часть топлива сохранилась в шахте реактора. Поэтому шел поиск методов для проникновения в шахту реактора и доставки внутрь диагностической аппаратуры. Был выбран метод бурения. Бурение сверху (которое могло бы дать сведения о всей вертикальной стратиграфии) исключалось из-за отсутствия вверху твердого основания для бурильных станков и сложной радиационной обстановки. Поэтому было решено организовать горизонтальное бурение вглубь шахты реактора на трех вертикальных уровнях из доступных для работы периферийных помещений. Были найдены и приспособлены для работы помещения с западной стороны на отметках 9, 15, 21, 24 метра, что перекрывало всю высоту доаварийной активной зоны (18–25 метров) и находившееся под основанием реактора подаппаратное помещение.

Активные бурильные работы были начаты в мае 1988 года. Диаметр скважин был в пределах 60–150 мм, что давало возможность не только исследовать извлеченные керны, но и

вводить в скважины диагностическую аппаратуру. Когда это было возможно, проводились осмотр и фотографирование с помощью оптических перископов, телесъемка, измерения гамма-поля, потоков нейтронов, измерения температуры и тепловых потоков. Анализировался радиохимический состав извлеченных кернов.

Всего было пробурено более ста скважин, накоплен и проанализирован огромный материал. (Справочный материал по всем скважинам собран в трех препринтах Курчатовского института, изданных в 1994 г.).

Уже к концу 1988 года были получены следующие результаты:

- Шахта реактора в основном пуста. Заметные фрагменты регулярной кладки отсутствуют.
- Основание реактора из тяжелых металлических конструкций опустилось на 4 метра, смяв массивные металлические конструкции, находившиеся в подреакторном помещении.
- Сверху схема “ОР” покрыта 3–5 метровым слоем остатков металлических конструкций, навалов графита, отдельными обломками технологических каналов и топливных элементов. Частично все это залито “свежим” бетоном.

Из этих результатов предположительно следовало, что во время аварии произошло взрывное раскрытие цилиндра шахты реактора как вверх—с выбросом верхней схемы “Е”, так и вниз—с опусканием схемы “ОР”. При этом значительная часть кладки реактора, сброшенная с “ОР”, заведомо попала в подреакторные помещения. С другой стороны, все технологические каналы были закреплены на схеме “Е” и при ее выбросе часть топлива была увлечена вверх и могла попасть в центральный зал. Это в некоторой степени подтверждает тот факт, что на схеме “Е” сохранились обрывки десятков технологических каналов, многие из которых, по-видимому, сохранили часть топлива.

Исследования в подреакторных помещениях.

Всего реактор РБМК имеет четыре уровня подреакторных помещений: подапаратное помещение 305/2, парораспределительный коридор и два этажа бассейна-барботера.

Исследование подапаратного помещения проводилось в основном методом бурения сначала с западной, а в последствии и с южной стороны. С восточной стороны через ворота удалось транспортировать аппаратуру и провести дистанционную фото и телесъемку.

Радиационная обстановка в трех нижних этажах допускала кратковременное пребывание исследовательских групп с аппаратурой. Топливо было обнаружено вплоть до нижнего этажа барботера.

Ключевым для понимания процессов, происходивших в здании реактора во время активной стадии аварии (26 апреля – 5 мая), является изучение обстановки в подреакторном помещении 305/2. Пол этого помещения (бетонная плита толщиной около двух метров) служил основанием для массивной металлической крестообразной конструкции (“крест”), на которую опиралось основание реактора (“ОР”) — цилиндрическая металлоконструкция диаметром 14,5 метров и толщиной 2 метра.

Из всей совокупности полученных данных складывается следующая картина динамики аварийных и последующих процессов:

В результате взрывного процесса “ОР” опустилось на 4 метра, смяв “крест”. Возникшая при этом взрывная волна в подапаратном помещении вырвала и отбросила откатные ворота, а также деформировала и проломила метровую железобетонную стену в соседнее помещение 304/3. Графитовая кладка реактора при этом рассыпалась, часть блоков была сброшена с “ОР”. В оставшейся топливно-графитовой массе, по-видимому, создались условия для возникновения области высоких температур и возгорания графита. Особенно интенсивно и длительно (всю активную стадию аварии) этот процесс проходил в области над юго-восточным квадрантом схемы “ОР”, где возник своеобразный доменный процесс, в котором переплавлялись навалы металла и неорганических материалов с образованием лавоподобных расплавов. При этом практически полностью расплавилась юго-западная четверть металлической конструкции “ОР”.

Потоки лавы периодически растекались по соседним помещениям и по трубным коммуникациям проникали в нижние помещения. Сегодня эти потоки лавы в значительной части покрыты “свежим” бетоном, растекавшимся при сооружении укрытия. Обнаружено несколько модификаций лавы, отличающихся цветом и составом. Примесь топлива (двуокиси

урана) в лавах варьируется от одного до 20 весовых процентов в виде вкраплений размером до сотни микрон.

В 1991–92 гг. стала заметна деградация лавы: первоначально очень твердая, теперь ее поверхность покрывается трещинами и превращается в пыль.

Исследования в центральном зале.

В первые дни после аварии (до 10 мая 1986 г.) в центральный зал было сброшено с вертолетов свыше 10 тысяч тонн твердых материалов — песка, глины, доломита, свинца. Все это вместе с остатками разрушенных строительных конструкций образовало массивные завалы, которые сегодня возвышаются над уровнем зала на 8–15 метров. Среди завалов выступает верхняя крышка реактора (схема “Е”, диск диаметром 187 метров и толщиной 3 метра), которая стоит на ребре под углом 15 градусов к вертикали. На ней сохранились остатки около сотни технологических каналов. Радиационная обстановка в центральном зале сложная (МЭД свыше 300 Р/час).

К настоящему времени результаты исследований центрального зала очень ограничены. В завалах обнаружены графитовые блоки и фрагменты ТВС. Количественных оценок массы топлива, сохранившегося под завалами в центральном зале, и его состоянии к настоящему времени не получено. Есть возможность прозондировать топливо на полу центрального зала методом бурения снизу, но эти работы пока начать не удастся.

Что мы знаем и чего не знаем о топливе в укрытии.

(1). Топливо в укрытии находится в трех модификациях:

- в виде фрагментов разрушенных ТВС;
- в виде дисперсной пыли, проникшей практически во все помещения, осевшей на стены, потолок, адсорбированной на твердых материалах.
- внутри лавы.

Количественные оценки массы топлива, находящиеся в первых двух модификациях сделать затруднительно. Наиболее изученная — третья модификация, хотя количественные оценки общего количества топлива, заключенного в лавовых потоках заметно варьируются. Причины: значительная часть лавовых потоков закрыта бетоном, поэтому количественные измерения объемов и особенно концентраций топлива затруднены; нет уверенности, что все скопления лавы обнаружены.

(2). Топливо в укрытии находится в глубоко подкритичном состоянии. Об этом говорят многочисленные модельные расчеты и тщательные нейтронные исследования во всех доступных обнаруженных местах скопления топлива. (Нетривиальность задачи состоит в измерении потоков нейтронов неизвестного энергетического спектра и определения коэффициентов размножения топливных масс в среде с неизвестными размножающими и поглощающими свойствами).

(3). По тепловым измерениям в укрытии находится более 90% всего топлива. Но провести “инвентаризацию” распределения топлива в укрытии по месту нахождения и количеству мы сегодня не можем. Даже верхние оценки уже обнаруженных и оцененных масс оставляют значительную долю для еще не обнаруженных мест локализации топлива. Главными возможными объектами поисков остаются подаппаратное помещение 305/2 и центральный зал.

(4). Если значительная часть топлива в укрытии не обнаружена, на чем основывается твердое заключение о выбросе при аварии порядка 3% топлива?

Обнаружить выброшенное за площадку станции топливо значительно проще, чем оставшееся, по измерениям изотопного состава радиоактивных выбросов. Нелетучие изотопы, связанные в урановой матрице (^{144}Ce , в значительной мере ^{90}Sr) являются надежными метками топлива. Значение топливного выброса (3,5–0,5%) является результатом обработки большого банка данных многочисленных почвенных измерений.

Необходимо сделать одну оговорку. Топливо, выброшенное из 4-го блока на окружающую территорию и крыши соседних зданий, а затем собранное и захороненное в первые дни после аварии, следует учитывать дополнительно. Достоверной оценки его количества не существует. Для этого необходимо исследовать многочисленные временные могильники.

Что нас сегодня не удовлетворяет в укрытии?

(1). Укрытие не герметично. Общая площадь щелей и зазоров достигает 1000 квадратных метров. В укрытие проникает дождевая вода, что создает нестабильные условия и ускоряет процессы деградации материалов.

(2). Внутри укрытия расположены конструкции, поврежденные аварийным взрывом и хаотические навалы. Возможны их обрушения, которые могут сопровождаться подъемами радиоактивной пыли с ее возможным выходом наружу из-за негерметичности укрытия. Для профилактики периодически проводится закрепление пыли, но потенциальная опасность выброса с последующим загрязнением площадки станции все же существует.

(3). Большое количество радиоактивных ядерных материалов в неупорядоченном состоянии с возможными неконтролируемыми процессами деградации и миграции.

Резюмируя: хотя в настоящее время и на ближайшие несколько лет состояние укрытия не представляет явной ядерной, радиационной или экологической опасности, но его ни в коем случае нельзя считать долговременным экологически безопасным объектом.

Что практически можно предпринять?

В течение последних двух лет ведутся серьезные проработки различных вариантов преобразования укрытия в экологически безопасный объект. На этой проблеме все более концентрируются и общественные и правительственные экологические организации и движения, выдвигая требования вплоть до полной ликвидации объекта с его трансформацией в “зеленую лужайку”. Проблема вызывает беспокойство и на международном уровне, существуют несколько конкретных предложений по сотрудничеству.

Правительством Украины в июне 1992 года был объявлен открытый международный конкурс на предложения и проекты, ведущие к превращению Укрытия в экологически безопасный объект. В 1993 году были подведены итоги первого этапа конкурса. Были отмечены несколько проектов, которые направлены в основном на создание еще одного укрытия поверх существующего. Однако реализация проектов упирается в серьезную проблему финансирования.

Независимо от результатов конкурса и будущих решений хотелось бы априорно проанализировать возможные направления решения проблемы. Хочу предупредить, что полную ответственность за излагаемые соображения несет только автор.

(1). Ликвидация укрытия с оставлением на его месте “зеленой лужайки” находится вне возможностей современных технологий и экономической целесообразности. К тому же сам процесс ликвидации и перемещения огромных масс радиационных материалов экологически небезопасен.

(2). Превращение укрытия в своеобразное долговременное захоронение (например, путем сплошного заполнения бетоном или с комбинацией бетонирования и насыпки грунтового холма) хотя и возможно с технической и экономической стороны, но вряд ли может считаться приемлемым решением. Существование такого объекта с неконтролируемыми физико-химическими процессами внутри и не исключенными миграционными процессами будет постоянно вызывать беспокойство населения и вызывать требования его удаления. Но сделать это будет еще более затруднительно, чем сегодня с укрытием.

(3). Есть некоторый интересный вариант “замоноличивания”. Если заполнить все пустоты укрытия укрепляющим, но легким пористым материалом, то впоследствии открывается возможность постепенной разборки всего массива методом разработки каменных карьеров — вырезанием отдельных блоков. Конечно, это лишь сырая идея и необходимо решить много технологических и экологических проблем, прежде чем можно будет говорить о реальности и оправданности подобного решения.

(4). Прежде чем проводить любые работы по частичной или полной разборке следует обеспечить экологическую безопасность самих работ. Сделать это затруднительно без введения вокруг укрытия (или его части) герметического барьера. Поэтому первым необходимым шагом было бы возведение либо поверх существующего укрытия, либо локально в месте проведения работ, герметичного защитного сооружения, чтобы полностью исключить возможность загрязнения окружающего пространства при любых естественных процессах

или технологических операциях с укрытием. Одно это мероприятие внесет успокоение в общественное сознание и откроет возможность дальнейших шагов.

(5). При возведении герметичного защитного сооружения было бы желательно смонтировать внутри него технологический плацдарм (краны, манипуляторы, горячие камеры, робототехнические устройства) для последующей постепенной разборки завалов, выделения и сбора топливных материалов и их размещения в контейнеры. Хранилища для этих контейнеров можно подготовить внутри самого укрытия (или соседних блоков после закрытия ЧАЭС). В результате укрытие постепенно превращалось бы из объекта с неконтролируемым размещением ядерных материалов в хаотическом состоянии в хранилище упорядоченное и контролируемое. Дальнейший путь к постепенной ликвидации всего объекта останется открытым.

(6). Ключевым является вопрос техники и технологии “разборно-упорядочивающих” работ. Здесь открыто огромное поле для инициативных предложений и изобретательности. Даже заведомо “странные” предложения не должны отвергаться без тщательного рассмотрения. (В качестве примера: нельзя ли использовать процесс выщелачивания урана растворными потоками сверху со сбором внизу реакторного блока?).

Следует иметь в виду, что для любых операций с укрытием знание о его содержимом необходимо. Сегодня мы не можем сказать, что обладаем им в достаточной степени, несмотря на огромную работу, проведенную Комплексной экспедицией Курчатовского института. Поэтому проведение исследовательских работ внутри укрытия остается по-прежнему актуальной задачей.

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ЛЕЙКОЗАМИ СРЕДИ ЛИКВИДАТОРОВ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС: ПРОГНОЗ И ФАКТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ НАЦИОНАЛЬНОГО РЕГИСТРА

*Академик РАМН А.Ф.Цыб, член-корреспондент РАТН В.К.Иванов,
Медицинский радиологический научный центр РАМН*

В 1986 году после чернобыльской катастрофы в бывшем СССР был создан Всесоюзный распределенный регистр лиц, подвергшихся радиационному воздействию. После распада СССР в России в 1992 году начал функционировать Российский государственный медико-дозиметрический регистр (РГМДР). При ведении регистра особое внимание уделяется наблюдению за состоянием здоровья ликвидаторов последствий чернобыльской аварии, которые получили максимальные дозовые нагрузки (средняя доза 0,11 Гр).

Известно, что среди радиогенных злокачественных новообразований лейкемия имеет максимальный радиационный риск и минимальный латентный период (2 года). Поэтому превышение заболеваемости лейкозами над спонтанным уровнем может служить первым индикатором воздействия облучения на здоровье людей, подвергшихся облучению после чернобыльской аварии.

Основным источником информации о зависимости “доза-эффект” для лейкозов являются данные о переживших атомную бомбардировку в Японии [7]. Эти данные получены в основном в области средних и высоких доз (более 0,2 Гр) в условиях острого облучения. Результаты исследований в области малых доз и мощностей дозы немногочисленны, так как для таких исследований требуются когорты с большой численностью и длительным периодом наблюдения. Среди исследований в области малых доз и мощностей дозы необходимо отметить объединенное исследование заболеваемости лейкозами среди работников атомной промышленности [7] нескольких стран, в котором были получены статистически значимые радиационные риски лейкозов для условий пролонгированного облучения и уровня накопленных радиационных доз менее 0,1 Гр. Поэтому когорта ликвидаторов в этом смысле может представлять интерес для получения новой информации о дозовой зависимости в области доз меньше 0,2 Гр.

Впервые анализ радиационных рисков заболеваемости лейкозами в когорте ликвидаторов из России был сделан в 1996 году. Результаты анализа опубликованы в работах [3, 5]. В работе [3] использован когортный метод исследования с выбором в качестве контрольной группы населения России соответствующего пола и возрастной структуры. В анализе была использована информация на 48 случаев заболеваний лейкозами, выявленных за период с 1986 по 1993 годы среди лиц мужского пола. Получено статистически значимое превышение заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов над контрольной группой. В предположении, что это превышение обусловлено воздействием облучения, была сделана оценка радиационных рисков заболеваемости лейкозами. Значение избыточного относительного риска при дозе 1 Гр равнялось 4,3 (0,8–7,8 95% доверительные интервалы(ДИ)).

В работе [6] использовался метод “случай-контроль”. Исследование не выявило статистически значимых рисков, однако, был показан положительный тренд в зависимости относительного риска от дозы.

Данная работа является продолжением исследований по анализу заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов. За период с 1993 по 1997 год в распределении случаев лейкозов произошли существенные изменения: добавились новые случаи, зафиксированные как в данный период, так и выявленные ранее, уточнены диагнозы и даты их установления. Выявленное к настоящему моменту количество лейкозов позволяет провести анализ с использованием наиболее надежных медико-дозиметрических данных. Как показала практика функционирования РГМДР, информация, поставляемая региональными центрами, неоднородна по качеству. В данном исследовании использованы медико-дозиметрические данные для лиц мужского пола из шести экономических регионов России: Северо-Западного, Волго-Вятского,

Поволжского, Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Уральского. Данные, предоставляемые этими регионами, характеризуются достаточной надежностью (устойчивостью основных показателей здоровья ликвидаторов) и высоким процентом прохождения ликвидаторами ежегодных диспансеризаций (около 86%).

1. Общее описание рассматриваемой когорты ликвидаторов

Полная численность рассматриваемой когорты (на 31.12.1997 года) составила 71 217 человек. Это ликвидаторы, которые прошли хотя бы один раз диспансеризацию в рассматриваемый период, с документально подтвержденными дозами. В анализе использована индивидуальная информация о дате рождения, дате приезда в зону работ, дате отъезда из зоны работ, дате последнего осмотра, дате диагноза (для случаев заболеваний) и документально подтвержденной дозе.

Число человеко-лет наблюдения за период с 1986 по 1997 год равно 743 845. Время под риском для каждого ликвидатора определялось как разница даты последнего осмотра (или диагноза для случаев заболеваний) и даты въезда в зону работ.

Потеря человеко-лет наблюдения не превышает 14% (отношение наблюдаемого количества человеко-лет к теоретическому количеству при полной явке на ежегодную диспансеризацию равно 86%).

На рисунке 1 представлена динамика человеко-лет наблюдения за когортой ликвидаторов. Подъем кривой в начальный период наблюдения обусловлен динамикой прибытия ликвидаторов в зону работ, последующий спад — в основном процессом уменьшения численности когорты за счет смертности. Интенсивное уменьшение численности когорты к концу периода наблюдения объясняется 2–3-летним запаздыванием в процессе накопления и верификации данных. По этой причине анализируемый период наблюдения за когортой ликвидаторов был ограничен 1997 годом.

По основным дозиметрическим и демографическим характеристикам рассматриваемая когорта практически совпадает с когортой ликвидаторов в целом (всего в РГМДР на 01.01.1999 г. зарегистрировано 174916 ликвидаторов). Подробное описание всей когорты приведено, например, в [5].

На рисунке 2 представлена функция распределения численности ликвидаторов по возрасту при облучении. Средний возраст на момент въезда в зону работ вокруг Чернобыльской АЭС равнялся 34,7 года для здоровых персон и 32,4 для ликвидаторов с выявленными случаями заболеваний. Из рисунка 2 видно, что заболевшие лица имеют меньший средний возраст при облучении, чем здоровые.

Всего за рассматриваемый период времени (1986-1997 гг.) в рассматриваемых регионах выявлено 44 случая лейкозов (31 случай заболевания лейкемией среди ликвидаторов с установленной дозой). Случаи, которые к моменту анализа были не полностью верифицированы, не рассматривались. Четыре случая заболеваний диагностированы во время латентного

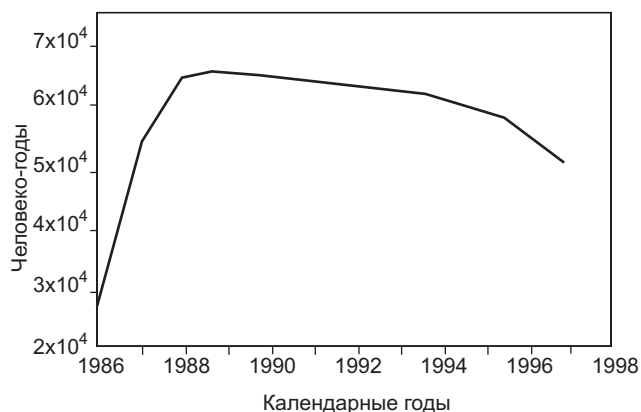


Рис. 1. Динамика количества человеко-лет наблюдения для когорты ликвидаторов.

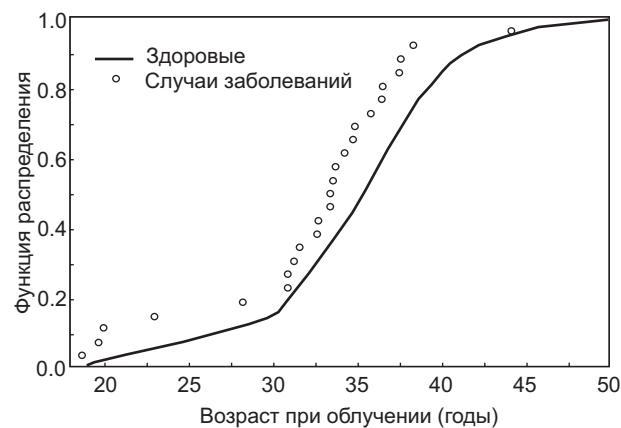


Рис. 2. Функция распределения ликвидаторов по возрасту при облучении.

периода 2 года и из исследования исключены. Таким образом, в анализе дозовой зависимости рассмотрены 27 случаев заболеваний. Динамика заболеваний представлена в таблице 1.

Таблица 1. Динамика верифицированных случаев лейкозов во времени

Календарный год	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Число случаев	0	0	3	1	4	3	3	2	6	4	3	2

Структура заболеваемости приведена в таблице 2. В соответствии с таблицей 2 острые лейкозы составляют 39% от общего количества.

Таблица 2. Структура заболеваемости лейкозов среди ликвидаторов

Форма лейкоза (код МКБ 9)	Число случаев	
	Абсолютное	%
Все острые лейкозы	12	39
Острый лимфолейкоз (204.0)	2	7
Острый миелоидный лейкоз (205.0)	6	19
Другие острые лейкозы(206.0-208.0)	4	13
Все хронические лейкозы	19	61
Хронический лимфолейкоз (204.1)	8	26
Хронический миелоидный лейкоз (205.1)	11	35
Другие миелоидные лейкозы	0	0
Всего (204-208)	31	100

Все случаи, вошедшие в исследование, были верифицированы согласно принятому в РГМДР алгоритму. Процесс верификации диагнозов «лейкоз» проходил на 2 уровнях, то есть по месту жительства и на уровне РГМДР. Результаты верификации диагноза по месту жительства высылались в РГМДР, где эксперт-медик, специалист в области диагностики гемобластозов, проводил окончательную верификацию диагноза. В пакет документов, представленных на экспертизу в РГМДР, входили первичные медицинские документы, такие как выписки из амбулаторных карт, истории болезни, заключение гематолога, протоколы патологоанатомического вскрытия, в случае необходимости — диагностические материалы (мазки крови и костного мозга).

2. Дозиметрические характеристики когорты

По степени надежности дозиметрические данные для ликвидаторов можно разделить на три основные группы в зависимости от использованного метода оценки доз:

1. экспозиционная или поглощенная доза, полученная с использованием индивидуального дозиметра;
2. групповая доза, приписанная лицам, входившим в группу, по показаниям индивидуального дозиметра, находившегося у одного из членов группы;
3. маршрутная доза, которая оценивалась по средней мощности экспозиционной дозы в зоне проведения работ и времени пребывания в ней.

Дозовая нагрузка на ликвидаторов неоднородна и зависела от времени работ в зоне облучения. Средние дозы максимальны для

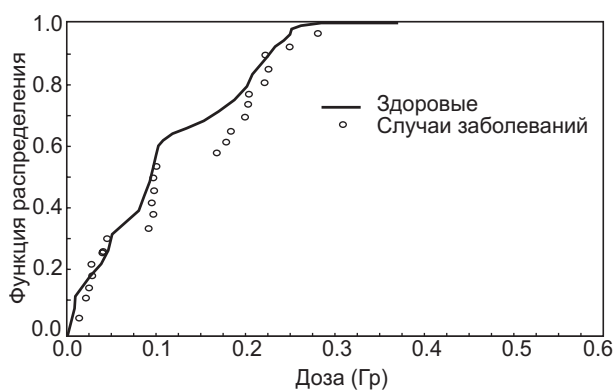


Рис.3. Распределение численности ликвидаторов по дозе внешнего облучения.

ликвидаторов, работавших в 1986 году. В таблице 3 приведены средние дозы, время пребывания в зоне работ и мощность дозы, полученная делением индивидуальной дозы на время пребывания.

На рисунке 3 приведено распределение ликвидаторов по дозе внешнего облучения. Как следует из рисунка, распределения отличны друг от друга и средняя доза среди случаев заболеваний больше дозы среди здоровых, что в определенной степени может указывать на наличие эффекта облучения.

Распределение ликвидаторов по длительности пребывания и мощности дозы иллюстрируют рисунки 4, 5. Видно, что у половины ликвидаторов мощность дозы не превышает 2 мЗв/день.

Основные характеристики когорты ликвидаторов приведены в таблице 4.

Таблица 3. Средние дозовые характеристики ликвидаторов в зависимости от времени работ в зоне облучения

Год работ	Численность	Средняя доза (Гр)*	Средняя длительность пребывания (сутки)*	Средняя мощность дозы (мГр/сутки)*
1986	26 867	0,17	78,3	4,3
1987	28 845	0,09	82,8	1,6
1988	11 918	0,03	111,6	0,5
1989	3 736	0,03	107,3	0,5
1990	451	0,04	109,8	0,5
1986-1990	71 817	0,11	87,4	2,3

Примечание: * — усреднение производилось с весом количества человеко-лет наблюдения.

Таблица 4. Основные характеристики когорты ликвидаторов из шести регионов России (период наблюдения 1986-1997 годы)

Статус	Случаи заболеваний лейкозами, использованные для оценки риска (все типы)*	Случаи заболеваний лейкозами использованные для оценки риска (все типы кроме 204.1)*	Здоровые
Общее количество	27	21	71 217
Средняя доза (Гр)	0,135	0,153	0,108
Средняя мощность дозы (Гр/день)	0,0037	0,0042	0,0023
Среднее время пребывания в зоне работ (сутки)	77,1	77,7	87,4

Примечание: * — случаи заболеваний с определенной дозой, для рассматриваемого периода наблюдения и выявленные после латентного периода 2 года.

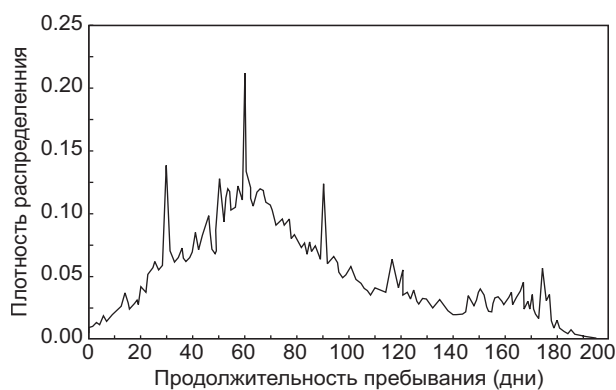


Рис.4. Плотность распределения численности ликвидаторов по длительности пребывания в зоне облучения (дни).

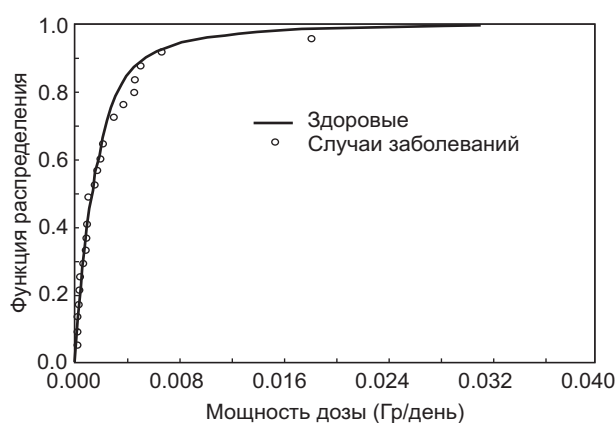


Рис.5. Распределение ликвидаторов по мощности дозы.

3. Статистические методы

Для оценки коэффициентов риска использован метод максимального правдоподобия в предположении, что случаи заболеваний являются независимыми пуассоновскими величинами. Критерии значимости определялись из асимптотических свойств отношений правдоподобия.

В анализе использована индивидуальная информация о дозе внешнего облучения, количестве человеко-лет наблюдения, показателе спонтанной заболеваемости.

По мнению авторов, использование индивидуальной информации при оценке рисков предпочтительно с точки зрения минимизации влияния субъективного фактора и потери информации при группировке и стратификации данных.

Логарифм функции правдоподобия L для данной выборки:

$$\ln L(\lambda) = \sum_{i=1}^n (\ln(\lambda_i t_i) - \lambda_i t_i) - \sum_{j=1}^N \lambda_j t_j, \quad (1)$$

где λ — определяемый параметр (в данном случае показатель заболеваемости лейкозами); t — период времени наблюдения за членом когорты (для случая заболевания — период времени с начала наблюдения до постановки диагноза, для здорового члена когорты — период времени наблюдения за когортой); n — число случаев заболевания за период наблюдения; N — число здоровых членов когорты, рассмотренных в анализе за период наблюдения.

Доверительные интервалы для оцениваемых параметров определялись с использованием асимптотических свойств функции правдоподобия, из решения уравнения [4]:

$$\frac{d \ln L(\lambda)}{d\lambda} = \pm 1,96 \frac{d^2 \ln L(\lambda)}{d\lambda^2}. \quad (2)$$

При оценке коэффициентов риска использованы линейная и линейно-квадратичная модели вида:

$$\lambda_i = \lambda_i^0 k (1 + ERR_{1Gy} d_i) \quad (3)$$

и

$$\lambda_i = \lambda_i^0 k (1 + \alpha d_i + \beta d_i^2). \quad (4)$$

Здесь: λ_i^0 — средний за период наблюдения показатель спонтанной заболеваемости лейкозами, соответствующий возрасту i -го члена когорты. Величина среднего показателя определялась из уравнения:

$$\lambda_i^0 = \frac{1}{t_i} \int_0^{t_i} \lambda^R(u_i + \tau) d\tau, \quad (5)$$

где λ_i^R — возрастная зависимость показателя спонтанной заболеваемости; u_i — возраст при облучении для i -го члена когорты. В качестве спонтанной заболеваемости использовалась возрастная зависимость показателя для России в целом [1]; d_i — доза внешнего облучения для i -го члена когорты; ERR_{1Gy} — избыточный относительный риск на единицу дозы.

Так как величины доз внешнего облучения и мощности дозы относительно не велики, для оценки влияния мощности дозы на заболеваемость использована линейная модель, в предположении, что влияние этих факторов аддитивно:

$$\lambda_i = \lambda_i^0 k (1 + ERR_{1Gy} d_i + \gamma dr_i). \quad (6)$$

Здесь dr — мощность дозы (Гр/день); k — коэффициент, учитывающий отличие спонтанной заболеваемости в когорте ликвидаторов в рассматриваемый период от заболеваемости населения России соответствующего возраста. В рассматриваемой модели этот коэффициент равен стандартизованному отношению заболеваемости (SIR). Отличие коэффициента k от единицы может быть обусловлено разницей в системе регистрации заболеваний (напри-

мер, ликвидаторы проходят регулярные медицинские обследования) и в уровне верификации диагнозов. В расчетах предполагалось, что этот коэффициент одинаков во всех возрастных группах. Таким образом, для определения риска используется только относительное возрастное распределение показателей спонтанной заболеваемости.

Временной тренд риска за рассмотренный период исследован в рамках линейной модели (6), с тем лишь отличием, что g и dr имели смысл изменения риска на единицу времени и времени после облучения соответственно.

Отношение $ERR_{1Gy/a}$ является оценкой коэффициента дозы и мощности дозы ($DDREF$) в рассматриваемом диапазоне доз (0–0,25 Гр).

Возникает вопрос о достоверности данных о возрастном распределении коэффициентов спонтанной заболеваемости. Разумно предположить, что распределение относительной заболеваемости лейкозами по возрасту достаточно консервативная величина и слабо зависит от географических и этнических признаков.

Для проверки данной гипотезы и анализа качества российских данных в рамках высказанной гипотезы воспользуемся возрастными функциями распределения показателей заболеваемости лейкозами для крупнейших раковых регистров мира [2]. Функция распределения f_j рассчитывалась из соотношения:

$$f_{j,i} = \sum_{k=u_{min}}^{u_j} \frac{\lambda_{k,i}}{\lambda_k^0} / \sum_{k=u_{min}}^{u_{max}} \frac{\lambda_{k,i}}{\lambda_k^0}, \quad (7)$$

где $u_{max} - u_{min}$ — рассматриваемый диапазон возраста; λ_k^0 — возрастное распределение показателя заболеваемости в регистре, выбранном в качестве контроля; i — индекс регистра.

На рисунке 6 приведена функция распределения нормированных показателей заболеваемости по возрасту при диагнозе для регистров США (белые), Великобритании, Беларуси и России [2]. Распределение нормировано на возрастные показатели ракового регистра, выбранного в качестве контрольного (данные по России в целом). Функция распределения получена для мужчин, имеющих достигнутый возраст 20–70 лет.

Результаты, приведенные на рисунке 6, подтверждают предположение о близости относительных распределений возрастной заболеваемости лейкозами в различных странах и достаточную надежность этой характеристики российских данных, используемых в качестве контроля.

В данной работе проведено сравнение радиационных рисков, полученных для рассматриваемой когорты ликвидаторов, с рисками радиогенных лейкозов всех типов в когорте LSS (Life Span Study), переживших атомную бомбардировку в Японии [7]. Для того чтобы сравнение было корректным (когорта LSS имеет другую возрастную структуру, другие показатели спонтанной заболеваемости), был применен следующий подход. В работе [7] опубликованы аппроксиманты показателей спонтанной заболеваемости и превышающего абсолютного риска для всех лейкозов и отдельных типов для когорты LSS: *Лейкемия все типы (МКБ-9: 204-208)* (использованы обозначения, приведенные в [7]).

Показатель спонтанной заболеваемости

$$\lambda^j(g, a) = 0,91 \exp 9 - 0,22(g - 25) + 3,08 \ln(a/50) + 1,22 \ln^2(a/50),$$

где a — достигнутый возраст; g — возраст при облучении.

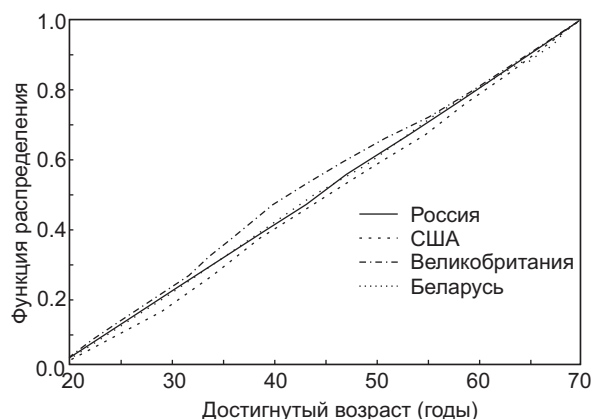


Рис.6. Функция распределения заболеваемости лейкозами (мужчины) по достигнутому возрасту для различных стран.

Избыточный абсолютный риск EAR (10^{-4} PY):

$$EAR^j(d, g, t) = \begin{cases} 0,33(d + 0,79d^2) \exp(-0,17(t - 25)), & g = 0 - 19 \\ 0,48(d + 0,79d^2) \exp(-0,13(t - 25)), & g = 20 - 39 \\ 1,3(d + 0,79d^2) \exp(-0,07(t - 25)), & g \geq 40 \end{cases}$$

где d — доза (Зв); t — время после облучения.

Чтобы учесть отличие в спонтанных уровнях заболеваемости был сделан переход от аппроксимант абсолютного риска к аппроксимантам избыточного относительного риска через соотношение $ERR^j(d, g, t) = EAR^j(d, g, t) / l^j(g, g+t)$ (l — аппроксиманта показателя спонтанной заболеваемости лейкозами в когорте LSS).

Так как лейкозы относятся к редким заболеваниям, с хорошей точностью число заболеваний лейкозами C можно описать выражением:

$$C = \sum_{i=1}^{N+n} \lambda_i^0 kt_i (1 + ERR_{1Gy} d_i). \quad (8)$$

Суммирование ведется по всем членам рассматриваемой когорты с использованием определенных параметров модели (3).

Для данной когорты $C=27$, равно числу лейкозов, рассмотренных в анализе. Ожидаемое число лейкозов можно получить, если использовать аппроксиманту риска $ERR^j(d_i, g_i, t_i)$ из когорты LSS и индивидуальную информацию на каждого ликвидатора. Оно определяется в соответствии с (8), с заменой избыточного относительного риска ERR на:

$$\overline{ERR}_i^j = \frac{1}{t_i} \int_{t_i}^{t_i} ERR^j(d_i, g_i, \tau) d\tau \quad (9)$$

среднее значение риска на интервале наблюдения (t_i — латентный период).

Тогда средний за рассматриваемый период избыточный относительный риск на единицу дозы для всей когорты определится в соответствии с выражением (8):

$$\overline{ERR}_{1Gy}^j = \frac{Cl - \sum_{i=1}^{N+n} \lambda_i^0 kt_i}{\sum_{i=1}^{N+n} \lambda_i^0 kt_i d_i}. \quad (10)$$

При оценке количества радиогенных лейкозов учитывался латентный период (2 года).

4. Результаты

Исходя из опыта японских и других зарубежных исследований, свидетельствующих об отсутствии радиационной зависимости в отношении хронического лимфолейкоза (ХЛЛ) [7], в данной работе проведен анализ и с исключением таких случаев.

Результаты оценки параметров модели (3) представлены в таблице 5. Для лейкозов всех типов значения радиационного риска статистически не значимы ($p=0,04$), если рассматривать 95% ДИ. При исключении ХЛЛ риск становится статистически значимым и равен 11,7 (3,3– 20,1 95% ДИ) на 1 Гр ($p<0,001$). Значения SIR меньше единицы объясняются тем, что в анализе рассмотрены только верифицированные на момент анализа случаи лейкозов (на момент анализа в списке заболевших ликвидаторов находились еще 11 человек, диагноз лейкоза у которых требовал уточнения).

Риск радиогенных лейкозов становится статистически значим для всех типов лейкозов, если исключить из анализа ликвидаторов, которые были облучены в 1988–1990 годах и получили в среднем меньшие дозы, чем ликвидаторы, облученные в 1986–1987 годах.

Риск радиогенных лейкозов становится статистически значим для всех типов лейкозов, если исключить из анализа ликвидаторов, которые были облучены в 1988–1990 годах и получили в среднем меньшие дозы, чем ликвидаторы, облученные в 1986–1987 годах.

Таблица 5. Результаты оценки риска индукции радиогенных лейкозов в когорте ликвидаторов (с использованием данных по спонтанной заболеваемости в России)

Параметр	Все лейкозы (95% доверительные интервалы)	Все лейкозы, исключая ХЛЛ (95% доверительные интервалы)	Все лейкозы (год въезда 1986-1987) (95% доверительные интервалы)
$ERR/Гр$	3,5 (-0,5–7,5)	11,7 (3,3–20,1)	10,2 (2,8–17,4)
Коэффициент k	0,7 (0,4–0,9)	0,4 (0,2–0,6)	0,4 (0,2–0,6)

Результаты расчетов по линейно-квадратичной модели (4) показывают, что в рассматриваемом диапазоне доз и мощностей доз влияние квадратичного члена несущественно (значение коэффициента при линейном члене 9,7 (1,69–17,67)). Уровень значимости гипотезы линейности $p=0,89$. Значение фактора дозы и мощности дозы $DDREF=11,7/9,7=1,2$.

Параметры модели (6) показаны в таблице 6. Введение фактора мощности дозы практически не изменило значение избыточного относительного риска, что свидетельствует о слабом влиянии этого фактора на риск индукции радиогенных раков для рассматриваемого диапазона доз и мощностей доз. Уровень значимости гипотезы, что коэффициент риска не зависит от мощности дозы составляет $p=0,79$. Величина коэффициента чувствительности риска к мощности дозы статистически незначима.

С использованием этой же модели сделана оценка временного тренда избыточного относительного риска в рассматриваемый промежуток времени. Расчеты показывают, что избыточный относительный риск уменьшается во времени (уровень значимости гипотезы, что тренд отсутствует $p=0,02$).

Таблица 6. Результаты оценки коэффициента чувствительности риска к дозе и мощности дозы

Параметр	Все лейкозы, исключая ХЛЛ (95% доверительные интервалы)
$ERR/Гр$	10,7 (2,2–19,1)
Риск на Гр/день	43,7 (-213,4–300,8)

Как показано на рисунке 6, возрастные распределения заболеваемости по данным различных онкологических регистров близки, поэтому сделана оценка риска с показателями спонтанной заболеваемости для различных стран. Результаты расчетов приведены в таблице 7. Видно, что результаты оценок риска практически одинаковы, независимо от того, данные какого регистра были использованы в расчетах. Спонтанная заболеваемость для рассматриваемого диапазона возрастов и пола близка.

Таблица 7. Результаты оценки риска лейкозов для ликвидаторов с использованием данных по спонтанной заболеваемости для различных онкологических регистров

Регистр	Россия	США	Беларусь	Великобритания
$ERR/Гр$	3,5 (-0,5–7,5)	3,6 (-0,5–7,7)	3,7 (-0,4–7,8)	3,8 (-0,4–8,0)
Коэффициент k	0,7 (0,4–0,9)	0,5 (0,3–0,7)	0,5 (0,3–0,7)	0,7 (0,4–1,0)

Полученный результат интересен тем, что показана принципиальная возможность использования данных о заболеваемости, хранящихся в регистрах, имеющих отлаженную сис-

тему сбора и верификации и большой объем онкологической информации. Этот результат может быть полезен при анализе данных, полученных для небольших популяций, для таких редких заболеваний как лейкозы.

С использованием аппроксимант, полученных в когорте LSS, сделана оценка среднего за рассматриваемый период избыточного относительного риска на единицу дозы для всех типов лейкозов. Аналогичным способом была рассчитана динамика избыточного риска для когорты ликвидаторов во времени (рисунок 7). Избыточный относительный риск на 1 Гр равен 12,1 и отличается от значения 3,5, рассчитанного с рассматриваемым набором данных. Ожидаемое кумулятивное число случаев при использовании японских коэффициентов риска равно $CI=45,6$ (наблюдаемое значение 27 случаев). Однако, если учесть, что в когорте LSS практически отсутствуют заболевания ХЛЛ [7], то значение 12,1 хорошо согласуется со значением 11,7, полученным в когорте ликвидаторов при исключении этого типа лейкозов.

Как следует из рисунка 7, за рассматриваемый интервал времени избыточный относительный риск уменьшается. За весь период риск уменьшился в 4 раза.

5. Обсуждение результатов

Данная работа является логическим продолжением исследований в России заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов [5, 6]. Актуальность этой темы очевидна, так как ликвидаторы получили в среднем более высокие, чем население загрязненных регионов, дозы ионизирующего излучения и радиогенные лейкозы являются первым индикатором проявления отдаленных последствий облучения. Исследование [5] проведено для всей когорты ликвидаторов с использованием внешнего контроля — соответствующей возрастной категории населения России. Известно, что использование внешнего контроля может привести к смещению оценок риска, вследствие отличий в системе сбора, регистрации и верификации диагнозов в исследуемой и референтной группах. Оценка риска в [5] была сделана при осторожном предположении, что превышение наблюдаемой заболеваемости над контролем может быть обусловлено радиационным фактором. Таким образом, основной целью работы [5] была не оценка рисков лейкозов, а обозначение существующих тенденций в заболеваемости лейкозами в когорте ликвидаторов и привлечение интереса исследователей к этой теме.

В работе [6] для анализа рисков использован подход “случай-контроль”. Анализ не выявил статистически значимых рисков, был установлен только положительный тренд заболеваемости лейкозами в зависимости от дозы внешнего облучения. Отсутствие значимых рисков в исследовании [6] может быть обусловлено проблематичностью использования методологии “случай-контроль” для когорты ликвидаторов в условиях сравнительно небольшого количества прямых измерений доз и лимитирования максимально допустимых доз.

Информация о когорте ликвидаторов, использованная в представленном анализе, является наиболее надежной. Используются верифицированные данные РГМДР, отлажена система сбора и верификации информации (для стабильного функционирования такой большой динамической информационной системы как РГМДР с числом зарегистрированных лиц более 170 тысяч, потребовался определенный период). Для анализа применен подход, максимально использующий априорную информацию о заболеваемости лейкозами.

Полученные оценки риска радиогенных лейкозов всех типов, для всей когорты ликвидаторов статистически не значимы при выбранных доверительных интервалах 95%. По-видимому, это связано со сравнительно небольшим (27 случаев) количеством заболеваний,

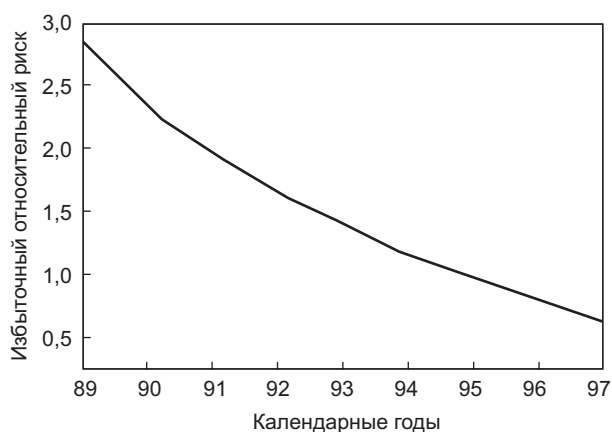


Рис. 7. Избыточный относительный риск в когорте ликвидаторов как функция времени после аварии (для оценки динамики использованы аппроксиманты [7]).

рассмотренных в анализе, и возможным смещением оценки из-за учета хронических лимфолейкозов, зависимость “доза-эффект” для которых не установлена. Исключение ХЛЛ из анализа увеличивает риск, и риск становится статистически значим. Этот результат подтверждает современную концепцию, что ХЛЛ не имеют выраженной дозовой зависимости.

Риск радиогенных лейкозов становится статистически значим для всех типов лейкозов, если исключить из анализа ликвидаторов, которые были облучены в 1988–1990 годах и получили в среднем меньшие дозы, чем ликвидаторы, облученные в 1986–1987 годах.

Рассмотренная модель риска, использующая априорную информацию о спонтанной заболеваемости, интересна тем, что позволяет использовать индивидуальную информацию и сразу оценить две основные характеристики: коэффициент риска и стандартизованное отношение заболеваемости — отличие заболеваемости в когорте от национального уровня (или от референтной группы). При этом показано, что для анализа рисков с хорошей точностью может быть использована информация других онкологических регистров, имеющих большой объем данных и отлаженные системы сбора и верификации лейкозов, например, регистров США, Великобритании. Полученный результат может быть полезен для анализа заболеваемости такими редкими заболеваниями как лейкозы в популяциях с небольшой численностью.

Использованный в анализе набор данных хорошо описывается линейной дозовой зависимостью, уровень значимости гипотезы линейности $p=0,89$. Вследствие чего значение фактора дозы и мощности дозы *DDREF* близко к единице.

В рассмотренном диапазоне доз (до 0,25 Гр) и мощностей дозы (до 0,01 Гр/день) влияние фактора мощности дозы на риск радиогенных раков статистически не значимо. Исследование проведено в рамках линейной модели. Данное приближение представляется оправданным, так как значения доз и мощностей доз, полученные ликвидаторами, сравнительно невелики.

Проведено сравнение рисков радиогенных лейкозов в когорте ликвидаторов с рисками для этой же когорты, рассчитанными с использованием аппроксимант, полученных в когорте LSS. Аппроксиманты риска являются функциями пола, возраста при облучении и времени после облучения, что позволяет провести корректное сравнение. Получено значение избыточного относительного риска на единицу дозы, равное 12,1. Так как количество ХЛЛ в когорте LSS мало (в силу географических и этнических особенностей когорты), приведенные в [7] аппроксиманты для всех типов лейкозов фактически соответствуют риску, полученному с исключением ХЛЛ. Тогда представляется более правильным сравнивать значение риска 12,1 со значением риска равным 11,7, полученным в регрессионном анализе с исключением ХЛЛ.

Учитывая, что приведенные величины коэффициентов риска близки и временные тренды рисков имеют одинаковую тенденцию, можно утверждать, что модель риска, представленная в [7], достаточно адекватно описывает заболеваемость лейкозами в когорте ликвидаторов.

Полученное значение риска 11,7 (с исключением хронических лимфолейкозов) означает, что при средней дозе 0,1 Гр атрибутивный риск равен, примерно 50%, то есть половина из выявленных случаев заболеваний являются радиационно-обусловленными.

Результаты проведенного анализа дают основание утверждать, что дозовый фактор оказывает влияние на заболеваемость лейкозами среди ликвидаторов, живущих в России. Рост заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов, по-видимому, является первым проявлением отдаленных последствий облучения населения после аварии на Чернобыльской АЭС.

6. Основные выводы

1. Для всех типов лейкозов коэффициенты радиационного риска за период наблюдения за когортой ликвидаторов с 1986 по 1997 годы статистически не значимы. Значение превышающего относительного риска равно 3,5 (-0,5–7,5 95% ДИ).
2. Исключение хронического лимфолейкоза повышает достоверность радиационного риска и делает его статистически значимыми. Значение превышающего относительного риска значение *ERR*/Гр равно 11,7 (3,3–20,1 95% ДИ).
3. Риск радиогенных лейкозов статистически значим для всех типов лейкозов и равен 10,2 (2,8–17,4 95% ДИ), если исключить из анализа ликвидаторов, которые были облучены в

1988–1990 годах и получили в среднем меньшие дозы, чем ликвидаторы, облученные в 1986–1987 годах.

4. Влияние фактора мощности дозы для рассмотренного диапазона доз и мощностей доз статистически незначимо.
5. Атрибутивный риск индукции радиогенных лейкозов (с исключением хронических лимфолейкозов) равен 50%. Это означает, что в половине выявленных случаев лейкозов радиационный фактор мог быть причиной возникновения заболевания.
6. Значение избыточного относительного риска для всех типов лейкозов 3,5 за рассматриваемый период наблюдения, хорошо согласуется с оценкой риска 3,4, рассчитанного с использованием аппроксимант, полученных для когорты LSS.

Литература

1. Аксель Е., Двойрин В. Статистика злокачественных новообразований, ВОИЦ АМН СССР, М., 1992.
2. Cancer Incidence in Five Continents. D.M.Parkin et al. (Eds.), Vol. VI, IARC Scientific Publication, Lyon, 1987.
3. Cardis E., Gilbert E.S., Carpenter L., Howe G., Kato I., Armstrong B.K., Beral V., Cowper G., Douglas A., Fix J., Fry S.A., Kaldor J., Lave C., Salmon L., Smith P.G., Voelz G.L., Wiggs L.D. Effects of low doses and low doses rates of external ionizing radiation: Cancer mortality among nuclear workers in three countries. *Radiat. Res.* 1995, 143: 117–132.
4. Handbook of Applicable Mathematics. W.Ledermann (Ed.), Vol. VI “Statistics”, Part A, John Wiley&Sons Ltd, New York, 1984.
5. Ivanov V., Tsyb A., Gorsky A., Maksyutov M., Rastopchin E., Konogorov A., Korelo A., Biryukov A. Matyash V. Leukemia and thyroid cancer in emergency workers of the Chernobyl accident: estimation of radiation risks (1986–1995). *Radiat. Environ. Biophys.* 1997a, 36: 9–16.
6. Ivanov V.K., Tsyb A.F., Konogorov A.P., Rastopchin E.M., Khait S.E. Case-control analysis of leukemia among Chernobyl accident emergency workers residing in the Russian Federation, 1986–1993. *J. Radiol. Prot.* 1997b, 17: 137–157.
7. Preston D., Kusumi S., Tomonaga M., Izumi S., Ron E., Kuramoto A., Kamada N., Dohy H., Matsuo T., Nonaka H., Thompson D., Soda M., Mabuchi K. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III: Leukemia and multiple myeloma, 1950–1987. *Radiat. Res.* 1994, 137: S94.

МЕДИЦИНСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЙ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

Академик РАМН Л.А.Булдаков, ГНЦ “Институт биофизики”

После взрыва 4 реактора на Чернобыльской АЭС прошло 15 лет. Постепенно эта авария стала называться не иначе как “Чернобыльская катастрофа” от французского “катастрофизм”, когда гибнет все живое. Обрусевшее слово “катастрофа” означает событие с трагическими последствиями. В первые послеаварийные годы, точнее в 1987–1989 гг., предрекались такие исходы аварии, по сравнению с которыми последствия атомной бомбардировки городов Хиросима и Нагасаки превращались в какие-то “игрушки”. При этом страшные оценки делали не только дилетанты, но также известные ученые [37, 38, 39]. Основой для таких заключений было рассуждение о выходе большого количества смертельных раков среди населения из-за выброса 10^{18} – 10^{19} Бк радионуклидов, т. е. в 1 000 раз больше, чем образуется при взрыве бомбы. Это количество радионуклидов предполагало облучение всего населения мира, что и должно было вызвать массовый выход смертельных раков. Кроме того, предрекались смертельные исходы от других причин, большое количество генетических дефектов, врожденных аномалий развития и другая патология [37].

Уместно отметить, что с середины 60 годов в мире почти повсеместно стали сокращать работы по изучению опасности ионизирующих излучений, вплоть до закрытия ранее созданных институтов, научных направлений и целых школ. К этому времени стали очевидными реальные последствия техногенного облучения без применения атомного оружия и способы защиты от техногенных выбросов. Авария на ЧАЭС послужила колоссальным импульсом для возрождения служб радиационной безопасности. Были созданы десятки новых институтов, восстанавливалась работа, заглохшая было в ранее активных институтах у нас в стране и за рубежом. Иными словами, появилось большое количество новых рабочих мест, на которых доказывается острая необходимость проводимых работ.

Прошло 15 лет после аварии. Много это или мало для ответа на все тревожные вопросы? И много и мало. Для проявления детерминистских эффектов прошло достаточно времени. Как правило, они развиваются в ранний период после начала лучевого воздействия. Для проявления стохастических, т.е. вероятностных эффектов типа злокачественных новообразований (ЗНО) и генетических эффектов (ГЭ) нужны годы и десятилетия [12, 11, 15, 14, 21, 19].

К 1986 г. мировая, а особенно советская наука, была полностью готова к ответу на многие вопросы, поставленные аварией на ЧАЭС. Ответы на целый ряд вопросов происходили не только из научного анализа последствий облучения человека, но и из практического опыта ликвидации других радиационных аварий [2, 5, 4]. Поэтому, прежде чем рассматривать отдельные виды медицинских последствий Чернобыльской аварии, целесообразно перечислить исходы неконтролируемых радиационных воздействий, как это сделано в таблице 1 и на рисунке 1.

Материалы таблицы 1 охватывают наиболее изученные события, в которых неконтролируемому облучению в дозах, отличных от природного фона, подверглись многие тысячи людей, как профессиональные работники, так и лица разного возраста из населения. Среди этих событий Чернобыльская авария не выглядит событием уникальным. По количеству погибших людей Чернобыльская авария занимает 3 место, как и по количеству лиц, заболевших смертельными ЗНО. Главное, что обращает внимание в таблице 1 — это связь числа заболевших и вида заболеваний с индивидуальной поглощенной дозой излучения. Во всяком случае, для такой патологии, как острая лучевая болезнь (ОЛБ), минимально действующая доза составляет более 1 Гр, а для развития лейкемии и других форм рака доза, как правило, выше 0,3–0,5 Гр. “Канцерогенные” дозы в щитовидной железе, если они были измерены или ретроспективно восстановлены, также превышают 0,3 Гр [8, 7, 15, 14, 24, 32].

С учетом пятидесятилетнего наблюдения за контингентами, подвергавшимися облучению, можно утверждать следующее. Если индивидуальные поглощенные дозы не превышают 0,3 Гр, стохастические и генетические последствия маловероятны. Это относится и к населению, проживающему на загрязненной территории, где поглощенные дозы от внутреннего и внешнего излучения в сумме не превысят 0,25 Гр.

Таблица 1. Последствия неконтролируемых радиационных воздействий

Событие	Подверглось облучению	Поглощ. дозы, Гр (эффектив. уровень)	Длительн. облучения	Наблюдаемые эффекты/Время их возникновения					
				ОЛБ	ХЛБ	Лейкемия	Раки	ВАР	Генетич. эффекты
Хиросима и Нагасаки 1945 [29]	Население	0,1-6 (0,3)	Минуты	+/дни	нет	+/2-15 лет	+/15-50 лет	+/1-10 лет	нет
Начальная деятельность в СССР	Работники	0,1>10 (0,5)	Часы-годы	+/дни	+/месяцы-годы	+/3-10 лет	+/15-40	нет	нет
х/к "Маяк" 1949, 1955, 1999 [7,2,21]	Население	0,01-0,15 (>3)	годы	нет	нет	нет	>30	нет	нет
р. Теча 1951-1954-1999 [5]	Население	0,01-5 (0,5-5)	>1 года	нет	+/3-6 лет	+/10-15 лет	+/30-40 лет	нет	нет
ВУРС	Охрана	0,01-1 (J1)	Дни	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Кыштым 1957-1999 [4]	Население	0,01-0,5	Дни-годы	нет	нет	нет	нет	нет	нет
ЧАЭС	Ликвидаторы	1-16 (>1)	Часы-недели	+/дни	нет	+/12	нет	нет	нет
ЧАЭС, 1986-2001	Население	0,01-0,25	Дни-годы	нет	нет	нет	нет	нет	нет
ЧАЭС, [13, 9, 6, 17, 25, 23]	Локальные дозы (ЩЖ)	0,1->10 (>0,1)	Недели	нет	нет	нет	+/4,>15	нет	нет
Уиндскейл 1957-1999 [27]	Население (ЩЖ)	0,01-0,1	Недели	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Маршаловы острова 1954-1999 [33]	Население (ЩЖ)	0,5-5 (?)	Недели	нет	нет	нет	+/5-20	нет	нет
Трехмильный остров 1979-1999 [30]	Население	<0,00085	Дни	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Хенфорд, Невада 1951-1963-1999 [3, 28, 31]	Население (ЩЖ)	<0,2	Годы	нет	нет	нет	+/-	нет	нет
Гояния 1987 [22]	Население	1-8 Гр (>)	Месяц	+/дни	0	?	?	?	?

Примечание: — рак ЩЖ [20]

Сопоставим три аварийные ситуации в России. Авария 1957 г. относится по международной шкале к тяжелым авариям с индексом 6, а Чернобыльская — к глобальным и наиболее тяжелой с индексом 7. По количеству выброшенных радионуклидов ситуация на р. Теча также может быть отнесена к тяжелой с индексом 6. После Чернобыльской аварии индивидуальные дозы внешнего излучения среди населения ни в одном случае не превысили порога детерминистских эффектов, как и после аварии 1957 г., тогда как при загрязнении сравнительно небольшой территории на р. Теча у 10% жителей дозы излучения были выше пороговых [5].

Особенность аварии реактора, по сравнению с другими радиационными авариями, состоит в выбросе короткоживущих радионуклидов, в частности, в выбросе радиоактивных изотопов йода. Так, после аварии реактора в Уиндскейле в 1957 г. основная опасность была обусловлена ^{131}I . Количество выброшенного ^{131}I составило 740 ТБк ($7,4 \cdot 10^{14}$ Бк), а ^{137}Cs — $1,94 \cdot 10^{14}$ Бк. Дозы излучения в щитовидной железе детей загрязненных районов Великобритании в пределе достигали 0,1 Гр [27], после длительных выбросов ^{131}I на заводах Хэнфорда оцененная суммарная доза излучения в щитовидной железе составляла около 0,184 Зв [31]. Темпы накопления доз при работе заводов атомной промышленности отличались от аварий-

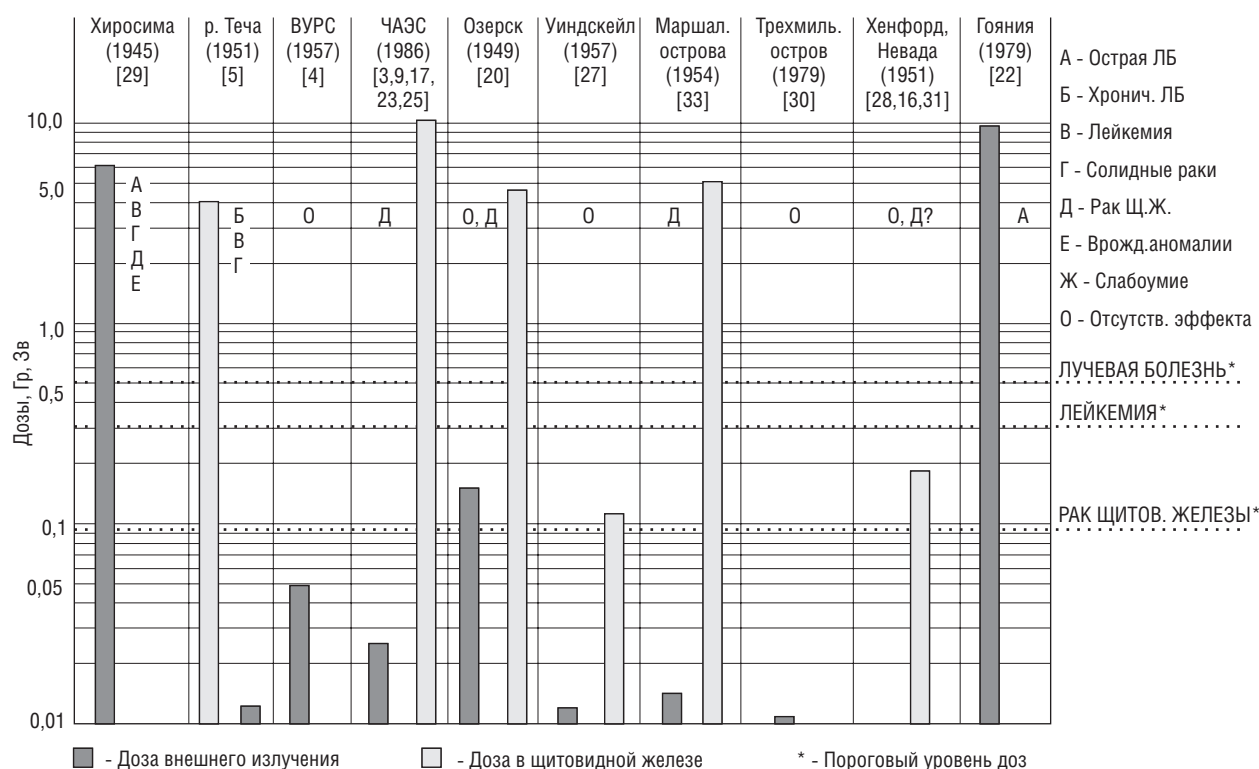


Рис.1. Последствия случайных радиационных воздействий для населения

ных. Поэтому учащения выхода рака не зафиксировано [31] или он был очень редким событием [28]. После аварии Чернобыльского реактора выброс ^{131}I составил не менее $2,7 \cdot 10^{17}$ Бк. Вследствие загрязнения пастбищ и, соответственно, молока интенсивное поступление ^{131}I было значительным, оно в ряде регионов превышало нормативные величины в сотни раз [10]. При этом на накопление йода в щитовидной железе существенно влияет возраст [13].

Материалы таблицы 2 показывают, как формировалась доза в ЩЖ у лиц разного возраста, отселенных из 30 км зоны. Видно, что при средней индивидуальной дозе 0,47 Гр у 116 тысяч человек, максимальные дозы 3,32 Гр были у детей в возрасте до 1 года, а минимальные дозы 0,29 Гр — у 16–18 летних. Видно, что даже минимальная доза находится на грани пороговой для индукции рака, если не выше пороговой [31, 14, 19].

Таблица 2. Дозы излучения в ЩЖ (Гр) у лиц разного возраста, отселенных из 30-км зоны [13]

Возраст, лет	Средняя доза (ДИ)	Численность когорты
1	3,32 (1,5–4,3)	5 028
1–3	2,27 (1–3,7)	10 838
4–7	1,09 (0,48–1,7)	6 837
8–11	0,52 (0,15–1,4)	3 140
12–15	0,41 (0,11–1,1)	2 615
16–17	0,29 (0,066–1,0)	1 270
18	0,299 (0,066–0,68)	25 427
ВСЕГО:	0,47 (0,17–1)	116 564

Среди неотселенных жителей России, Украины и Белоруссии при плотности выпадения ^{137}Cs более 185 кБк/м^2 распределение поглощенных доз от ^{131}I в щитовидной железе у детей

до 15 лет и взрослых представлено в таблице 3. Видно, что надпороговая доза больше 0,3 Гр обнаруживается у 85% детей и у 47% взрослого населения. При этом у 34% детей дозы излучения в ЩЖ превышают 1 Гр.

Таблица 3. Распределение лиц (%) из загрязненных районов России, Украины и Белоруссии по дозам излучения в ЩЖ [13]

Дозы, Гр	Дети до 15 лет	Взрослые
0–0,3	15	53
0,3	28,7	26,5
0,75–1	21,6	12,8
1–2	28,5	7,7
2	6,2	0
ВСЕГО:	100 %	100 %

Если рассматривать распределение лиц разного возраста по диапазонам средних доз в целом регионе, т.е. охватить слабо загрязненные территории, складывается “убаюкивающая” картина: средние дозы в ЩЖ даже у детей в возрасте до 2 лет ниже, чем 0,2 Гр (таблица 4). Но при этом существенно увеличится коллективная доза и вытекающие тяжелые последствия при условии справедливости линейной беспороговой концепции, которая допускается, но не доказана ни теоретически, ни экспериментально [15, 26, 34-37, 39]

Таблица 4. Дозы в ЩЖ в зависимости от возраста в момент поступления. Брянская область [13]

Возраст, лет	Численность, тыс.чел.		Средняя доза, Гр	
	Город	Село	Город	Село
0–2	47	21	0,19	0,19
3–5	47	19	0,19	0,16
6–9	59	23	0,05	0,09
10–15	85	36	0,02	0,055
16–19	59	17	0,017	0,058
более 20	694	368	0,018	0,04

Поэтому, переходя к оценке поражающего действия йода, необходимо руководствоваться конкретными величинами как по дозам излучения, так и по численности лиц с данными дозами. Такие материалы представлены в таблице 5, из которой видно, что в расчете на 10^5 человек при дозах в ЩЖ от 0,2 до 1,66 Гр у детей в возрасте до 7 лет выход рака составит 133–250 случаев на 100 000 детей. Значительно большая частота “выявляется” при минимальных поглощенных дозах. Следует напомнить, что точность оценки поглощенной дозы тем меньше, чем ниже доза. Поэтому при оценке риска это необходимо учитывать. Думается, что в первых дозовых группах, практически мало отличных от фоновых доз, имеет место существенное занижение средней дозы. Если допустить, что редкие раки (3 случая на 23 000 облученных и 29 случаев на 51 500 облученных) возникли у детей с большей дозой, отличной от средней, риск будет другим.

Переходя к сравнительной оценке медицинских последствий 3 аварийных ситуаций, попытаемся сопоставить реальные потери здоровья и причиненный ущерб по показателям, которые связаны преимущественно с воздействием лучевого фактора или факторов аварии. Последствие внешнего излучения в виде развития ОЛБ не проявилось ни в одной аварии, хроническая лучевая болезнь (ХЛБ) только у жителей побережья р. Теча, когда поглощенные дозы превысили 1,5 Зв, превышение частоты лейкемии было также только в первой послеаварийной ситуации, учащение солидных раков на грани достоверности после уральских

аварий, олигофрения, болезнь Дауна, врожденные аномалии развития во всех случаях не превышали контрольной частоты.

Таблица 5. Зависимость выхода раков от полученной дозы

Доза, Гр (диапазон измерений)	Численность группы, тыс.	К-во раков ЩЖ	Частота РЩЖ	
			на 10 ⁵	на 1 Гр
0,013	23 800	3	12,6	969
0,05 (0,022–0,08)	51 500	29	56,3 (19,4–103,4)	1 126
0,20 (0,15–0,22)	49 970	21	42,0 (7,6–231,5)	210
0,43 (0,30–0,50)	80 790	87	107,7 (40–365)	250
0,72 (0,54–0,96)	15 920	21	131 (56–404)	181
1,58 (1,1–1,9)	14 270	30	220 (146–252)	133

К нелучевым последствиям аварии необходимо отнести неблагоприятные исходы беременности (НИБ), обусловленные, например, искусственным ее прерыванием из-за боязни произвести большое потомство, повышение коэффициента смертности, сокращение средней продолжительности жизни (СПЖ), повышение общей заболеваемости, связанное с социальным напряжением и ухудшением условий жизни [9, 17].

Имеют место некоторые другие «проявления». Так, сокращение СПЖ на 4,2–5,7 лет произошло среди отселенных жителей, но не было выявлено среди лиц, оставшихся жить в привычных условиях, повышение коэффициентов смертности со временем связано с постарением когорт. Общая заболеваемость по жалобам на усталость, недомогание, обращениям к врачу, как правило, связана с социальными факторами, большой неопределенностью будущего. Изучение состояния здоровья детского и взрослого населения экспертами международной комиссии, созданной МАГАТЭ по просьбе Советского правительства в 1990 г., показало следующее: от 10 до 20% взрослого населения как загрязненных, так и незагрязненных районов нуждается в медицинской помощи в связи с нарушениями здоровья, не связанными с лучевым воздействием. Не обнаружено специфически зависимых проявлений действия лучевого фактора. Состояние здоровья детского населения по частоте отклонений от нормы не отличается от здоровья детского населения детей в европейских странах и в США [18].

Итоги 15-летнего послечернобыльского периода с учетом почти 50-летнего послеварийного периода уральских инцидентов и других радиационных инцидентов в мире позволяет обратить внимание на ошибки в стратегии и тактике послеварийных действий, оценить качество проведенной работы и, может быть, вскрыть ошибки, которые были допущены при ликвидации последствий аварии.

Анализ событий показывает, что отрицательные последствия для здоровья случились из-за промедления в принятии решений. И, наоборот, отсутствуют всякие последствия после аварии реактора на трехмильном острове [30], минимальны последствия после взрыва емкости с отходами на Урале в 1957 г. [5, 4]. В обоих этих случаях произошла экстренная эвакуация критических групп населения. В этом отношении авария на 4 блоке ЧАЭС, по мнению иностранных специалистов, также может служить образцом [18]. Промедление с эвакуацией приводило к развитию заболеваний, как например, на Маршалловых островах, на р. Теча. Таким образом, первое и главное правило — оперативная оценка дозиметрической обстановки с немедленным принятием и исполнением решения для предотвращения накопления опасной дозы. Эти и другие правила послеварийного поведения описаны в соответствующих приказах и инструкциях [1, 11, 12, 13]. Однако в ряде случаев они не выполняются. Например, после Чернобыльской аварии должен бы быть введен в действие приказ о профилактическом применении таблеток йодистого калия. Реализовать этот способ защиты в нужном объеме оказалось невозможным как из-за слабой компетентности аварийных служб, так и из-за отсутствия нужного количества йода не только на местах, но и во всем государстве [10]. В результате — детская «эпидемия» раков щитовидной железы в ряде загрязненных районов [13, 17].

Было известно, что эвакуация как необходимая, но крайняя мера, спасая от переоблучения, приводит к стрессорному состоянию с развитием новых или обострением старых заболеваний. Это заканчивается сокращением средней продолжительности жизни отселенного населения. Так было на Урале среди экстренно переселенных [2, 5, 4]. Поэтому в 1989 г. группа из 90 советских ученых-радиобиологов разработала т. н. 35-бэрную концепцию, т. е. рекомендовала предел дозы за жизнь. В СССР эта величина была бы в 1,5 раза меньше принятой в странах Европы и ВОЗ для аварийных ситуаций [1]. Согласно этой концепции не следует переселять жителей, у которых за 70 лет жизни в определенных условиях не будет превышена доза в 35 бэр [1]. Эта концепция была принята НКРЗ СССР, утверждена в МЗ СССР, но не была реализована из-за несогласия влиятельных, но некомпетентных ученых и руководителей некоторых пострадавших республик СССР. В результате среди отселенных жителей частота лиц с банальными заболеваниями могла возрасти. В интересах будущего необходимо обратить особое внимание на состояние здоровья отселенных контингентов.

Таблица 6. Радиационные дозы внешнего излучения у жителей Белоруссии на примере эвакуированных из зоны отчуждения в 1986 г.

Диапазон доз, мЗв	В отсутствие эвакуации	При эвакуации
0–200	23154–985830 мЗв 42,57 (ДИ:5–175)	24433–617875 мЗв 25 (ДИ:5–175)
200–более 400	3529–172175 мЗв 332,15 (ДИ:200–425)	272–78250 мЗв 248 (ДИ:200–425)

Примечание: Эвакуировано 26 683 человек. Дозу более 200 мЗв получили бы без эвакуации 3 529 человек. Эвакуация позволила снизить число облученных в большой дозе до 272 человек. Средняя доза у этой категории снизилась с 332 до 248 мЗв с ДИ: 200-425 мЗв.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что медицинские последствия Чернобыльской аварии сведены к минимуму, благодаря грамотным действиям руководства страны. Министерства здравоохранения, Министерства среднего машиностроения, Министерства обороны и постоянно действовавшей комиссии Политбюро ЦК КПСС. Было сделано много лишней, ненужной и дорогостоящей работы, но это не медицинский аспект. Главной помехой в сохранении здоровья пострадавшего населения можно считать постоянную дезинформацию населения, связанную как с умышленным нагнетанием страха, так и с некомпетентностью всевозможных отечественных и зарубежных интервьюеров.

Какова же роль основных мероприятий в снижении облучаемости населения? Материалы таблицы 6 показывают, что своевременное отселение уменьшило количество лиц, получивших надпороговую дозу (т.е. большую, чем 0,2 Зв) с 3529 до 272 человек, а средняя доза у них уменьшилась с 332 до 248 мЗв. Количество отселенных с малыми дозами незначительно, но средняя поглощенная доза у них уменьшилась с 42 до 25 мЗв. Поэтому эффективность своевременной эвакуации в плане снижения дозы подтвердилась и в Чернобыльском инциденте.

Таблица 7. Соотношение доз (мЗв) от внешнего и внутреннего облучения у неотселенных жителей в 1986-1995 гг.

Параметр	Белоруссия	Россия	Украина	Б + Р + У
Численность	1 888 000	1 980 000	1 300 000	5 160 000
Эффективная доза	8,0	6,8	10,8	8,2
Средняя доза внешнего облучения	5,1	4,3	4,7	4,7
Средняя доза внутреннего излучения	2,9	2,5	6,1	3,5
Доля внутреннего излучения, %	36	36	56	43

Не менее ответственный «дозиметрический» вопрос связан с оценкой доли внешнего и внутреннего облучения. Материалы таблицы 7 показывают, что за 10 лет проживания на загрязненной территории доля дозовой нагрузки от внутреннего облучения в России и в Бело-

руссии не превысила 36% общей дозы, а на Украине – 56%. Это необъяснимо. Однако следует подчеркнуть, что роль инкорпорированных излучателей в формировании поглощенной дозы за счет поступления их с загрязненной пищей и водой ниже, чем доза от внешнего облучения. Особенность инкорпорированных нуклидов состоит в неравномерном облучении тканей. Например, роль ^{131}I , ^{90}Sr , редкоземельных элементов состоит в том, что они облучают преимущественно щитовидную железу (ЩЖ), красный костный мозг (ККМ) или желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) соответственно.

Таблица 8. Численность населения и средние эффективные дозы за 1986-1995 гг. в регионах с разными уровнями загрязнения

Параметр	Белоруссия	Россия	Украина	Б + Р + У
Плотность загрязнения ^{137}Cs 185кБк м ⁻² (численность населения)	1 875 017	1 980 063	1 299 600	5 154 680
Средняя доза излучения за 10 лет, мЗв	6,89 (ДИ:1–100)	5,92 (ДИ:1–100)	11,7 (2–100)	7,73 (ДИ:1–100)
Плотность загрязнения ^{137}Cs 185кБк м ⁻² (численность населения)	5 895	3 312	400	9 607
Средняя доза излучения за 10 лет	164 (ДИ:100–250)	160 (ДИ:100–250)	150 (100–200)	162 (ДИ:100–250)

У неотселенных жителей из загрязненных районов (таблица 8) средние эффективные дозы в 3 государствах составляют за 10 лет от 5,92 до 7,73 мЗв. Однако в наиболее загрязненных регионах у 400–5895 человек дозы в среднем составили 162 мЗв с колебаниями от 100 до 250 мЗв. Следует отметить, что 250 мЗв за десять лет по анализу последствий ранних аварий не должны вызывать отрицательных отдаленных эффектов. К настоящему времени никаких специфических отклонений в состоянии здоровья выявить не удается.

В заключение в таблице 9 представлены данные по реальной и воображаемой опасности различных вредоносных факторов на состояние здоровья и жизни человека. В США имеются официальные статистические данные о связи смерти людей с действующим фактором. Так, на первом ранговом месте по смертности на 100 000 населения в год находится табакокурение — 75 человек погибает ежегодно, на 9 месте располагается рентгенодиагностика — гибель составляет 2 человека в год на 100 тысяч, на 20 месте по опасности — радиационные аварии и атомная энергетика — 0,05 человека на 100 тысяч в год. Данные общественного мнения прямо противоположны. По мнению тысяч опрошенных женщин и студентов, на первое место по опасности выставлены радиационные аварии и атомная энергетика, а рентгеновская диагностика — на 21 место. Анализ опросных материалов свидетельствует о ложном представлении опасности радиационного воздействия. По нашему мнению это связано с тремя следующими обстоятельствами. Во-первых, до сих пор давящим фактором остается ужас последствий атомных бомбардировок; во-вторых, это слабая просветительская деятельность врачей, учителей и специалистов-радиологов; в-третьих, умышленное нагнетание мнимой опасности радиационных воздействий, поддерживаемых СМИ во всём мире.

Таблица 9. Причины преждевременной смерти людей в США (реальная опасность) и результаты ранжирования (предполагаемая опасность) различных факторов, приводящих к смерти

Наименование фактора, приводящего к преждевременной смерти	Смертность в расчёте на 100 тыс. населения в год	Ранговое место (реальная опасность)	Мнение женщин и студентов о причинах смертности (предполагаемая опасность)
Курение (20 сигарет в день)	75	1	4
Употребление алкоголя	50	2	6
Езда на автомобилях	25	3	2

Огнестрельное оружие	9	4	3
Электричество	7	5	17
Езда на мотоциклах	2	6	5
Плавание	2	7	18
Хирургическое вмешательство	2	8	10
Рентгеновская диагностика	2	9	21
Железные дороги	1	10	23
«Малая» авиация	0,7	11	7
Строители	0,5	12	12
Езда на велосипедах	0,5	13	15
Несчастные случаи на охоте	0,4	14	13
Бытовые травмы	0,1	15	25
Тушение пожаров	0,1	16	11
Работа в полиции	0,1	17	8
Неправильное использование противозачаточных средств	0,07	18	19
Гражданская авиация	0,07	19	16
Радиационные аварии и атомная энергетика	0,05	20	1
Альпинизм	0,02	21	14
Сельскохозяйственные работы	0,01	22	26
Спортивные игры	0,01	23	22
Лыжи	0,01	24	20
Медицинские прививки	0,005	25	24
Химические препараты (пестициды, консерванты и др.)	0,005	26	9

Литература

1. Аветисов Г. М., Булдаков Л. А., Гордеев К. И., Ильин Л. А. Стратегия НКРЗ по обоснованию временных пределов доз годового облучения населения после аварии на ЧАЭС. Концепция пожизненной дозы. Мед. радиол., 1989, № 8, с. 3-11. М., Медицина.
2. Аклеев А. В., Большакова С. А., Булдаков Л. А. и др. Радиационные аварии на Урале: Экологические, медицинские и социальные аспекты. Ж. Проблемы экологии Южного Урала, 1997, 2, с. 5-18
3. Баверстон К. Чернобыль и здоровье населения. Лейкоз и риск. 1999, 11, р. 122-123.
4. Булдаков Л. А., Демин С. Н., Дибобес И. К. и др. Медицинские последствия радиационной аварии в районе г. Кыштым 29 сентября 1957 г. в кн. Атом без грифа секретно. Москва-Берлин, 1992, с. 41-52.
5. Булдаков Л. А., Аклеев А. В., Голощапов П. В., Дягтева М.О. Медицинские последствия загрязнения проточного водоема радиоактивными веществами. Атом без грифа секретно. Москва—Берлин. 1992, с. 52-56.
6. Бушманов А. С., Туков А. Р. и др. Анализ заболеваемости у детей, родившихся от ликвидаторов ЧАЭС, работников предприятий АП. М., 1999, ГНЦ ИБФ МЗ РФ.
7. Гуськова А. К., Байсоголов Г. Д. Лучевая болезнь человека. М., Медицина, 1971, 378 с.
8. Гуськова А. К. К обоснованию лимита хронического облучения. Вопросы радиационной безопасности. 1999, № 1(13), с.33-48.

9. Денисевич Н.К., Поляков С. М., Левин Л. Ф. и др. Общий контингент инвалидов вследствие поражения Н.С, после аварии на ЧАЭС. Медико-биологические аспекты аварии на ЧАЭС. 1991, № 1, 16-19.
10. Ильин Л. А. Реалии и мифы Чернобыля. М., ALARA Limited 1994. 446 с.
11. Ионизирующие излучения: Источники и биологические эффекты, ООН. 1988. т. I и II.
12. Ионизирующие излучения: Источники и биологические эффекты, ООН. 1994. т. I и II.
13. Ионизирующие излучения: Источники и биологические эффекты, ООН. 2000. т. I и II.
14. Кеирим-Маркус И. Б. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2000, т. 45, № 3, с. 41-47.
15. Кеирим-Маркус И. Б. Регламентация облучения для XXI века. Мед. радиол. и радиационная безопасность. 2000, т. 45, № 1, с. 6-12.
16. Кучай С. Последствия испытаний ядерного оружия на Невадском полигоне США. Inside Energy, 1998, 7. 08, p. 4.
17. Лазарев В. С. Медико-биологические аспекты аварии на ЧАЭС. 1999, № 1, с. 8-15.
18. Международный Чернобыльский проект. Техн. док. Оценка радиологических последствий и защитных мер. IAEA, 1992, 740 с.
19. Москалев Ю. И. Отдаленные последствия ионизирующих излучений. 1999, Медицина, 463с.
20. Окладникова Н. О., Сумина М. Н., Азизова Т. В. Исходы острой лучевой болезни 40-45 лет наблюдения. М., Мед. радиол. радиац. безопасность, 2000, т. 45, № 2, с. 16-22.
21. Радиационный инцидент в Гоянии, Бразилия 1987. Science, 1987, 238.4830, p. 1028-1031.
22. Туков А. Р. Мед. радиол., рад. безопасность. 2000, т. 48, №2.
23. Ушаков И. Б., Давыдов Б. И., Солдатов С. К. Медицина труда и промышленная экология. 2000, № 1, с. 21-25.
24. Чиссов В. И., Старинский В. В., Ременник Л. В. и др. Злокачественные новообразования на территориях, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС (1981-1994) М., 1995, МНИИ им.Герцена ч. I и II.
25. Alexander R.E. Health Phys. 1988, v. 54, N 6, p. 589-595.
26. Clark R.M. Analisis of the 1957 Windscale accident using the reactor Safety code WEERIE. Annal. Nuc. Sci. Eng., 1974, p. 73-82.
27. Gilbert E.S., Tarone R., Bouville A. L. Nat. Cancer. Inst., 1998.90, p. 1654-1660.
28. Kato H., Schull W.I. Stadies of mortality of A-bomb Survivors. Rad. Res. 1982.90, p. 395-432.
29. Kemeny J.G. The Presidents Comission on the accident at Three Mile Island. ИИИ ООН. 1988, т II, p. 578-579
30. Ron E. Radiation effects on the thyroid: Emphasis on ¹³¹I. In: proc of NCRP Thirty-fifth Annual Meeting. 7-8 april 1999.
31. Cohen B.L. Health Phys. Preprint 1999.
32. Hamilton T.E., Belle G.V., Logerfo J. JAMA Ang 7. 1987, v. 258, N 5, p. 629-636.
33. Jaworowski Z. Гормезис, благоприятные эффекты излучения. 1994, v. 7, №3, p. 22-27.
34. Raabe O.G. Health Phys. 1999, v. 76, N6, p. 184.
35. Rossi H.H. Rem overdose. Nature, N 325, Feb. 1987, p. 570.
36. Sanders P.A.H. Lancet. 1987, p. 1145.
37. Smith R.J. Intern. Herald tribune. December 21, 1989.
38. Scheer J. Now many Chernobyl Fatalities? Nature, N 326, 2. IV, 1987, p. 449.
39. Taylor L.S. 1980. 5th internat. Congress of the Intern. Rad. Protec Assoc-Ierusalim: the Israel Health Phys. Soc., v 1, p. 307-319.
40. Мушкачева Г.С., Рабинович Е.И., Привалов В.А. и др. Распространенность патологии щитовидной железы среди жителей Озерска в отдаленные сроки после техногенного облучения ¹³¹I в детском возрасте. 2000, Челябинск. Девятый (одиннадцатый) Российский симпозиум по хирургической эндокринологии.

ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ КАТАСТРОФА, ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

*Член-корреспондент РАН Л.А.Большов, Р.В.Арутюнян,
Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН*

Экологический портрет ядерных технологий СССР/России складывается из четырех составляющих:

1. Экологические проблемы, накопленные в начальный период создания ядерного оружия, который характеризуется высочайшим приоритетом в короткие сроки обеспечения паритета ядерного потенциала СССР и США, вынужденной отработкой на ходу необходимых технологий, недостаточностью внимания и знаний в вопросах радиационной безопасности и радиоэкологии.
2. Экологические последствия аварий и инцидентов для населения и персонала, а также окружающей среды за весь период функционирования ядерного комплекса СССР/России.
3. Экологические риски современных ядерных технологий в нормальном режиме эксплуатации в сравнении с другими техногенными экологическими рисками.
4. Оценка потенциальной экологической безопасности ядерных технологий в будущем с учетом перспектив широкомасштабного развития атомной энергетики. Место атомной энергетики в реализации стратегии устойчивого развития.

Представленные здесь оценки радиационной безопасности населения России базируются на данных и результатах следующих научных исследований:

- “Комплексный анализ радиационных и химических рисков для населения России” ИБРАЭ РАН;
- Федеральная целевая программа “Ядерная и радиационная безопасность России” и ее подпрограммы;
- Федеральная целевая программа по преодолению последствий Чернобыльской аварии и аварий на Южном Урале;
- Официальные данные Минздрава России, РАМН, Госкомэкологии России, Росгидромета России, РАСХН, Минатома России, НКДАР ООН, КАЭ ОЭСР, ВОЗ, МАГАТЭ.

Объективные показатели радиационной безопасности населения России складываются на основе показателей облучаемости и радиационных рисков от различных факторов:

- Облучаемость и радиационные риски для населения регионов России от всех факторов (природных, медицинских, техногенных);
- Облучаемость и радиационные риски населения вблизи предприятий атомной энергетики и ядерно-топливного цикла и персонала этих предприятий;
- Потери жизни и здоровья населения на радиоактивно-загрязненных территориях и персонала в результате инцидентов и аварий;
- Сравнение с другими экологическими рисками для населения и работников промышленности России.

Экологические последствия ядерных аварий и инцидентов за 50 лет функционирования ЯТЦ

История исследований воздействия объектов атомной энергетики и промышленности на население и окружающую среду России насчитывает почти 50 лет. Наиболее тяжелые радиологические и радиоэкологические последствия за все это время дали первые годы функционирования ПО “Маяк” (сбросы высоко радиоактивных отходов в реку Теча в 1949–1951 гг, Кыштымская авария 1957 г.) и авария на Чернобыльской АЭС (1986 г.).

По данным ГНЦ–ИБФ “основное число больных хронической лучевой болезнью (ХЛБ) (порядка 2 700 чел., из них 2 348 — ПО “МАЯК”) возникло в первые 10 лет работы (1948–1957 гг). В последующем имели место единичные случаи вновь возникших заболеваний (СХК — г. Северск), либо ретроспективно установлено перенесенное ранее заболевание на предприятиях СХК, ПО “Маяк”.

Все 2 348 случаев на ПО “Маяк” были диагностированы своевременно, на ранних стадиях заболевания (из них умерло 2 человека с тяжелой формой ХЛБ и было 11 случаев рано развившегося лейкоза как исхода тяжелой формы ХЛБ). Все остальные пациенты, будучи выведены в условия работы вне контакта с ионизирующим излучением, с квалификацией их по III группе профессиональной инвалидности, обнаружили в 92% случаев полное восстановление здоровья и вернулись к работе по специальности вне контакта с ионизирующим излучением. Основная их часть не воспользовалась льготными сроками перевода на пенсию по возрасту.” (Справка “О заболеваниях лучевой болезнью на предприятиях МАЭ России (СССР) за период с 1948 по 2000 гг.”, Гуськова А.К.).

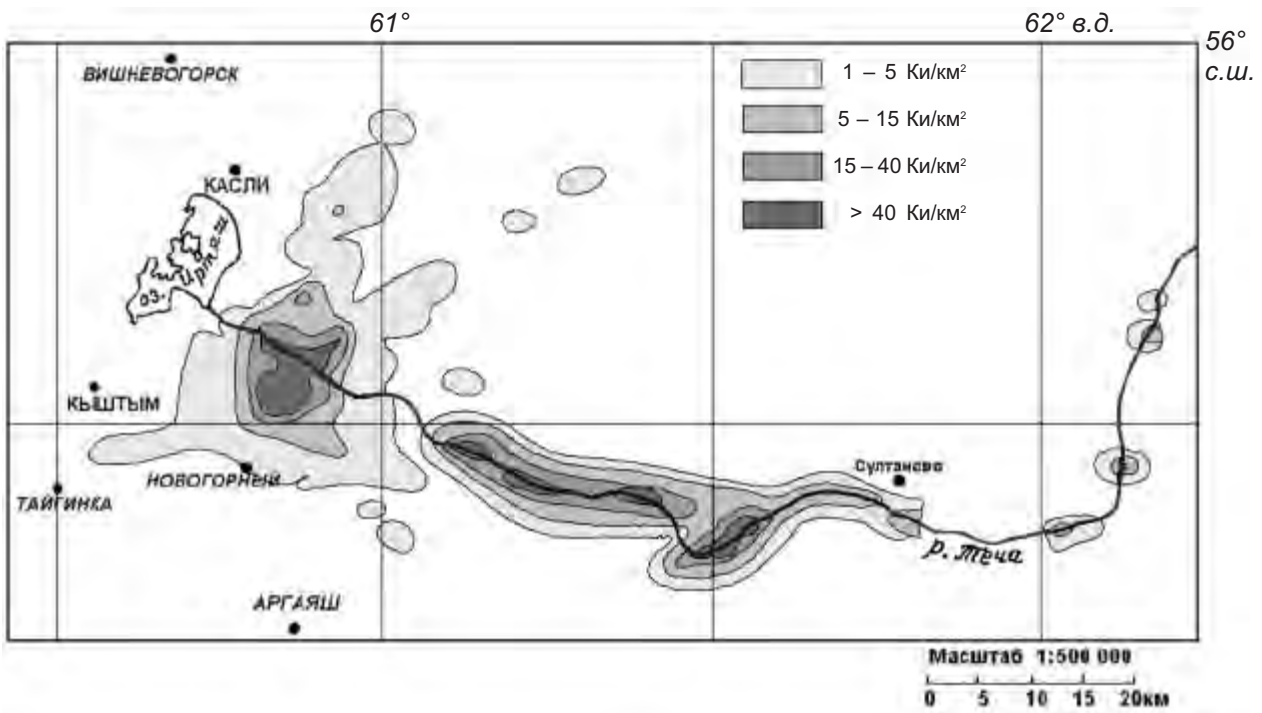
За последние десять лет институтами и специалистами Минздрава, 3-го главного Управления Минздрава, РАМН проделана большая работа по восстановлению детальной картины радиологических последствий аварий и инцидентов для персонала и населения в результате функционирования ядерных технологий за всю историю СССР–России. В этом большая заслуга коллективов, возглавляемых академиками Ильиным Л.А. и Цыбом А.Ф. Потери жизни и здоровья населения и персонала суммируются результатами, представленными в табл. 1,2,3 и на рис. 1,2.

Таблица 1. Данные ГНЦ-ИБФ по количеству инцидентов на территории бывшего СССР/России за 50 лет (по состоянию на март 2001 г.) и численностью пострадавших с острой лучевой болезнью (ОЛБ) и местными лучевыми поражениями (МЛП*)

Классификация инцидентов	Кол-во инцидентов	Количество пострадавших с клиническими симптомами (ОЛБ+МЛП*)		
		Общее	в т.ч. с ОЛБ	в т.ч. умерших
1. Радиоизотопные установки и их источники (всего)	88	163	45	16
В т.ч.: Со-60	17	28	15	3
Cs-137	19	59	13	9
Ir-192	34	50	10	1
другие -излучатели	8	10	2	-
)-излучатели	2	2	-	-
-излучатели	8	14	5	3
2. Рентгеновские установки и ускорители (всего)	38	39	1	-
В т.ч.: рентгеновские установки	26	26	-	-
Ускорители электронов	9	10	1	-
Ускорители протонов	3	3	-	-
3. Реакторные инциденты и потеря контроля над критичностью делящегося материала	34	83	73	13
В т.ч.: потеря контроля над критичностью	16	42	42	10
Реакторные инциденты	18	41	31	3
4. Аварии на АПЛ	4	133	85	12
5. Другие инциденты (всего)	11	16	6	2
Итого без Чернобыльской аварии	175	434	210	43
Чернобыльская авария	1	134	134	28
ИТОГО	176	568	344	71

* исключая случаи с МЛП на предприятиях ПО “Маяк” 1949-1956 гг., не включенные в регистр ГНЦ-ИБФ

Среди населения клинические симптомы были зафиксированы только в начале 50-х годов среди проживающих на побережье реки Теча (первичная диагностика — 940 случаев ХЛБ, уточненный диагноз — менее 100) (см. рисунки 1, 2). Отдаленные эффекты установлены среди ликвидаторов и населения на чернобыльском следе (таблица 2).



Установлено 935 случаев ХЛБ, из которых подтверждены 66. (данные ГНЦ ИБФ, УНПЦРМ)

Рис.1 Облучение населения в результате сбросов в р.Теча (77 тыс. чел.)



Рис.2 Облучение населения в результате Кыштымской аварии 1957 г. (данные ГНЦ ИБФ, УНПЦРМ)

Таблица 2. Авария на ЧАЭС — отдаленные эффекты среди жителей России. (Результаты Российского Государственного медико-дозиметрического регистра, акад. А.Ф.Цыб, проф. В.К.Иванов)

Контингент	Локализация	Число выявленных случаев	В т.ч. радиогенные	Среднее по РФ
Пожарные, персонал, ликвидаторы	ОЛБ	134	134	
	Из них умерло	31	28	
Участники ЛПА (116 тыс. чел.)	Лейкозы	145	50	92±35
	Раки ЩЖ	55	12	42±11
Дети в Брянской области	Лейкозы	-	-	
	Раки ЩЖ	170	55	112±30

По данным РГМДР (рис. 3) онкозаболеваемость ликвидаторов — работников атомной промышленности достоверно ниже онкозаболеваемости в аналогичной когорте мужчин России.

Анализ этих данных и их сравнение с потерями производственного потенциала в промышленности СССР–России и ущерба, нанесенного здоровью населения в результате вредного техногенного воздействия других отраслей промышленности, позволяет сделать четкий вывод: потери жизни и здоровья населения и персонала, связанные со специфичными факторами ядерных технологий — ядерного и радиационного риска, пренебрежимо малы в сравнении с потерями в любой производственной сфере со сравнимым масштабом социально-экономических и оборонных задач.

При этом по текущим показателям потерь от травматизма на производстве, Минатом России имеет наименьшие после сферы связи показатели среди промышленных отраслей (см. таблицу 3).

При этом потери от радиационного фактора в самой атомной отрасли также существенно ниже потерь от производственного травматизма и общей профзаболеваемости.

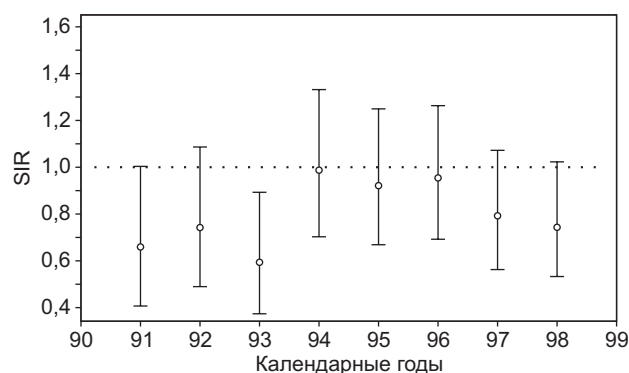


Рис. 3 Онкозаболеваемость ликвидаторов - работников атомной промышленности (А.Ф. Цыб, В.К. Иванов 2000 г.)

Таблица 3. Риски для персонала по отраслям — предварительные результаты (учтены травматизм, профзаболевания и работа в неблагоприятных условиях)

Отрасль	Риск, сутки потерянной жизни за год на одного работающего в отрасли
Производственная сфера в целом	0,94
Угольная промышленность	2,21
Цветная металлургия	1,39
Электроэнергетика	1,27
Машиностроение и металлообработка	0,96
Легкая промышленность	0,75
Строительство	0,47
Минатом	0,32
Связь	0,16

Риски для населения и персонала при нормальной эксплуатации объектов Минатома России.

По данным МЗ РФ техногенное облучение, связанное с прошлым и текущим функционированием атомной промышленности во всех регионах России дает пренебрежимо малый вклад в общее облучение населения (таблица 4).

Таблица 4. Структура облучения населения некоторых субъектов РФ в 1998 г.

Область	Облучение от природных ИИИ, %	Медицинское облучение, %	Облучение от глобальных выпадений РВ и прошлых радиационных аварий, %	Техногенное облучение от предприятий, использующих ИИИ, %
Зона влияния аварии на ЧАЭС				
Брянская обл.	51,9	37,3	10,8	0,01
Калужская обл.	74,9	24,0	0,9	0,18
Орловская обл.	64,0	32,7	3,3	0,03
Зона ПО "Маяк", включая последствия Кыштымской аварии 1957 г.				
Свердловская обл.	58,7	39,5	1,7	0,14
Челябинская обл.	74,5	24,7	0,6	0,24
Зона влияния испытаний ЯО				
Алтайский край	81,9	17,8	0,29	0,01
Действующие АЭС				
Воронежская	62,4	36,9	0,6	0,11
Мурманская	73,6	25,5	0,6	0,26
Смоленская	58,5	39,8	1,7	0,04

Источник: Аналитическая справка "Состояние радиационной безопасности РФ в 1998 г", Минздрав РФ

При этом даже в рамках консервативной беспороговой концепции действия радиации в области малых доз, радиационные риски, связанные с применением ядерных технологий пренебрежимо малы не только в сравнении с рисками воздействия химических вредных веществ, но и в структуре общих гипотетических радиационных рисков от всех факторов облучения.

Облучение населения при нормальной эксплуатации не дает значимого вклада не только в общую структуру рисков, но и в структуру радиационных рисков. Даже в районах расположения крупнейших предприятий ЯТЦ, в том числе ПО "Маяк", где в результате аварии 1957 г. были загрязнены значительные территории, годовые дозы для населения в 1993–1996 гг. составляют не более 5% от естественного фона, который составляет 2–2,5 мЗв/год. Для сравнения годовые дозы от медицинских процедур составляют 1–3 мЗв/год (см. таблицу 5). Еще ниже техногенные дозы вблизи более современных предприятий ГХК (Красноярск) и СХК (Томск).

Таблица 5. Годовые дозы облучения и гипотетические радиационные риски для населения вокруг предприятий Минатома России в 1993–1996 гг. (Данные НКДАР ООН–2000 г.)

Предприятие	Облучаемое население, тыс.чел.	Годовая эффективная доза, мЗв/год			Пожизненный риск для населения
		Внешнее	Внутреннее	Сумма	
ПО «Маяк»	320	0,01	0,10	0,11	$5,5 \cdot 10^{-6}$
ГХК	200	0,03	0,02	0,05	$2,5 \cdot 10^{-6}$
СХК	400	0,0004	0,005	0,0054	$3 \cdot 10^{-7}$

Дозы облучения населения и даже профессионалов, связанные с функционированием современных ядерных технологий в нормальном режиме находятся далеко ниже уровней, при которых имеются достоверно подтвержденные данные о вредных последствиях для здоровья (см. рисунки 4, 5).

Показатели экологической безопасности современных энерготехнологий становятся важнейшей составляющей в определении дальнейшей перспективы их развития. Сравнительному анализу суммарного ущерба для здоровья человека и окружающей природной среды от различных видов производства электроэнергии посвящены тысячи научных работ и обобщающие материалы авторитетных международных организаций.

Наиболее детальные оценки ущерба на единицу производимой электроэнергии по всему циклу проведены в отношении атомной энергетики. Колоссальный объем экспериментальных и расчетных данных по облучаемости населения и персонала по всему циклу от добычи урана, его обогащения, изготовления топлива, производства электричества на АЭС, всех стадий обращения с ОЯТ и РАО, обобщается в материалах НКДАР ООН, NEA OECD, КЕС.

В нормальном режиме функционирования по всему циклу АЭ облучаемость персонала и тем более населения находится в диапазоне доз облучения ниже порогов обнаружения эпидемиологическими исследованиями вредного воздействия на здоровье человека. Более того, дозы дополнительного облучения населения, связанные с воздействием объектов АЭ даже для проживающих вблизи этих объектов, составляет сотые и тысячные доли от облучения за счет природного фона и столь же малы относительно вариаций фонового облучения.

Дозы облучения подавляющей части персонала атомной энергетики и промышленности на уровне облучения населения от природного фона и находятся в пределах его вариаций по различным странам.

Менее 5% от персонала, работающего в условиях повышенной облучаемости, получают дозы выше 15 мЗв в год. В АЭП России это 2400 человек из общего числа 300 тысяч работающих, из которых 50 тысяч работают в условиях потенциального дополнительного облучения. Случаи превышения годовых пределов доз облучения единичны. Еще более редки случаи переоблучения с клиническими проявлениями.

Таким образом, современные оценки ущерба здоровью персонала и населения за счет дополнительного облучения в связи с функционированием АЭ ввиду их чрезвычайной малости основаны на гипотетической линейной беспороговой концепции вредного воздействия малых доз ИИ на человека, не подтвержденной более чем 50-летними эпидемиологическими исследованиями сотен тысяч человек. Именно такой подход лежит в основе оценок

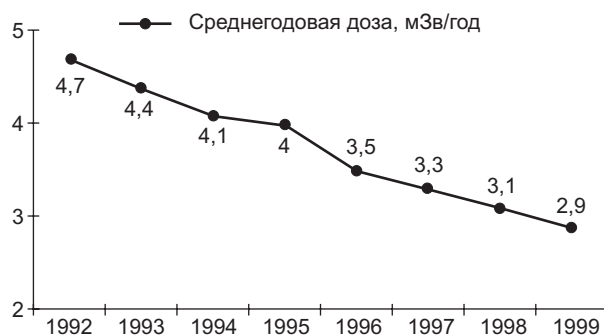


Рис.4. Среднегодовые дозы облучения персонала Минатома России за 1992–1999 гг. (Предельно допустимая годовая доза для персонала – 50 мЗв, с 2000 года – 20 мЗв)

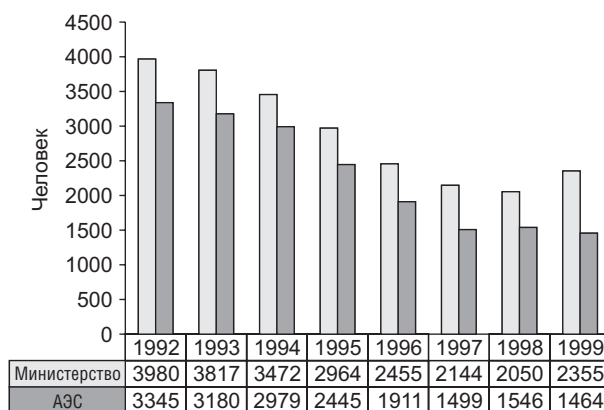


Рис.5 Внешнее облучение персонала Минатома России дозой более 15 мЗв за 1992–1999 гг.

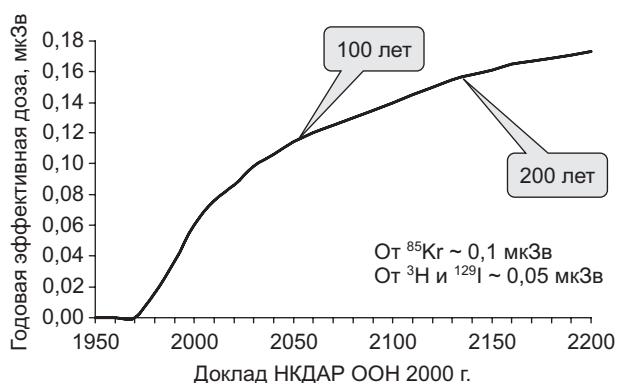


Рис.6. Среднегодовые дозы от глобально диспергированного ^{14}C ядерных установок

ущерба здоровья по всему циклу АЭ в последних обобщающих исследованиях выполненных в рамках КЕС.

Важным фактором при анализе этого гипотетического ущерба является то, что подавляющий вклад связан с дополнительным облучением от глобально диспергируемых долгоживущих радионуклидов. Более 95% дополнительной коллективной дозы облучения и, соответственно, гипотетического риска ущерба здоровью связаны с облучением выбрасываемых в окружающую среду ^{14}C , ^{85}Kr , ^{129}I . (Рис. 6)

При этом дополнительная доза облучения населения от выброшенных за всю историю функционирования АЭ глобальных радионуклидов составляет менее одной десятичной от средней дозы облучения за счет природного фона.

Сравнение радиационных и химических экологических рисков.

Результаты сравнительного анализа рисков, связанных с техногенным облучением и загрязнением окружающей среды вредными химическими веществами, подтверждают факт серьезного неблагополучия с защитой окружающей среды от химических загрязнителей.

В таблице 6 приведены сравнительные результаты оценок радиационных рисков и рисков от загрязнения воздушной среды.

Таблица 6. Индивидуальные годовые риски смерти для населения России.

Причины	Подвержено, млн.чел	Риски	Смертей в год
Все причины	69 (мужчин)	$1,5 \cdot 10^{-2}$ (среднее за 1996–1999 гг.)	1 060 000
Несчастные случаи	69 (мужчин)	$3,4 \cdot 10^{-3}$ (среднее за 1996–1999 гг.)	240 000
Сильное загрязнение воздушной среды	70	$1 \cdot 10^{-3}$	70 000
Зона отселения ЧАЭС	0,1 (загрязненные районы Украины, России, Белоруссии)	$8 \cdot 10^{-5*}$	8*
Население вблизи ГХК, СХК, ПО "Маяк"	0,9	$6 \cdot 10^{-6}$ – $3 \cdot 10^{-7*}$	<3*
Население вблизи АЭС	0,5–1	$7 \cdot 10^{-7*}$	<0,7*

Примечание: * — гипотетические риски и смерти в области малых доз в рамках беспороговой концепции

По результатам масштабного исследования влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения, опубликованным в статье Н.Кюнзли, Р.Кайзер, С.Медина и др. из журнала "The Lancet", (Vol. 352, September 2, 2000 pp. 795–801) загрязнение воздуха в Западной Европе (Австрия, Франция и Швейцария) является ответственным за 6% (40 000 случаев) общей смертности в год. При этом, около половины всех смертей, обусловленных загрязнением воздуха, связывается с выбросами автотранспорта, ответственными за: более чем 25 000 новых случаев хронических бронхитов (взрослые); свыше 290 000 случаев заболеваний бронхитом (дети); свыше 0,5 млн. случаев приступов астмы и свыше 16 млн. человеко-дней ограниченной активности. Следует иметь в виду, что средние концентрации взвешенных веществ в атмосфере этих стран в 5–10 раз ниже установленного в России ПДК. К сожалению, в России проведены единичные исследования такого рода в области воздействия химических вредных веществ на здоровье населения. Однако их результаты указывают на серьезное неблагополучие в этой области, что видно из данных исследований по оценке рисков для здоровья населения от загрязнений химически вредными веществами, представленных в настоящем разделе.

Сравнение методов и уровней практической реализации защиты здоровья человека и охраны окружающей среды от радиоактивных и химических загрязнителей показало их серьезные отличия и несбалансированность. Это касается всех элементов регулирования —

подходов к нормированию, методик определения допустимых выбросов и сбросов, возможностей мониторинга и отношения к соблюдению регламентаций.

Различие начинается на уровне подходов к нормированию — пороговая концепция по отношению к химическим загрязнителям и беспороговая по отношению к ионизирующим излучениям. Различие можно было бы считать не принципиальным, если бы линейная беспороговая концепция не являлась лишь научной гипотезой. При установлении предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в окружающей среде в России в качестве лимитирующего фактора часто используются не только токсикологические, но и иные характеристики воздействия. Казалось бы, это должно приводить к более низким значениям ПДК. Однако сравнение рисков, связанных с теоретически одинаковой вредностью — на уровне ПДК, показывает, что для многих обладающих канцерогенным эффектом химических загрязнителей, загрязнение окружающей среды на уровне ПДК приводит к рискам, на порядок и более высокому, чем риски, связанные с хроническим облучением населения на уровне 1 мЗв, а в ряде случаев находятся на неприемлемо высоком уровне (см. таблицу 7).

Таблица 7. Пожизненные канцерогенные риски от воздействия химических веществ при их поступлении на уровне ПДК

Вещество	Риск	Вещество	Риск
Мышьяк	$1,3 \cdot 10^{-2}$	Бензол	$2,9 \cdot 10^{-3}$
Кадмий	$5,5 \cdot 10^{-4}$	1,2 дихлорэтан	$2,6 \cdot 10^{-2}$
Хром(VI)	$2,2 \cdot 10^{-1}$	Никель	$2,6 \cdot 10^{-4}$
Эпихлоргидрин	$4,6 \cdot 10^{-3}$	Гексахлоран	$1,5 \cdot 10^{-2}$
1-3 бутадиен	$2,8 \cdot 10^{-1}$	Хлороформ	$6,9 \cdot 10^{-4}$

Приведенные данные не являются результатом выборки наиболее неудачных случаев установления ПДК, это, к сожалению, является скорее нормой. Из таблицы 8 (Новиков С.М., Порфирьев Б.Н., Пономарева О.В., Консультационный центр по оценке риска, Отчет ИБРАЭ РАН, 2000 г.) видно, что канцерогенные риски, соответствующие поступлению вредных химических веществ на уровне принятых в России ПДК, достигают очень высоких значений для большинства ранее нормированных веществ.

Таблица 8. Канцерогенные риски и ПДК.

Риск	Вода водоемов		Атмосферный воздух		Рабочая зона	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
$>10^{-2}$	7	8,0	2	5,4	42	45,1
$10^{-2}-10^{-3}$	19	21,8	6	16,2	34	36,5
$10^{-3}-10^{-4}$	29	33,3	13	35,1	10	10,7
$10^{-4}-10^{-5}$	23	26,4	9	24,3	7	7,5
$<10^{-5}$	9	10,5	7	19,0	0	0
Итого	87	100	37	100	93	100

Действующая система радиационного мониторинга сегодня позволяет фиксировать изменения в окружающей среде на уровне колебаний естественного фона, лежащем на 5–7 порядков ниже уровней ПДК. Она нуждается в совершенствовании, только как инструмент аварийного реагирования. В то же время, мониторинг химического загрязнения воздуха не позволяет в полной мере оценить концентрации химических загрязнителей в окружающей среде и определить степень опасности загрязнения атмосферного воздуха для здоровья населения. В сети наблюдений Росгидромета контролируется около 70 загрязняющих веществ, а на большинстве постов не более 5–10 токсичных примесей. Зачастую в воздухе не контролируется

содержание приоритетных загрязнителей, а чувствительность применяемых методов определения ряда загрязняющих веществ находится на уровне их ПДК. Результаты детальных исследований показывают, что вклад контролируемых в сети наблюдений Росгидромета загрязняющих веществ в суммарный риск здоровью населения от загрязнения воздуха не превышает 30%. Реальное соотношение уровней мониторинга радиоактивных и химических загрязнителей атмосферного воздуха иллюстрирует рисунок 7.

Представленные на рисунке 8 сравнительные оценки радиационных и химических рисков для населения типичны: величины радиационных рисков более чем на порядок меньше рисков от химических загрязнителей. При этом радиационные риски не только малы, но и являются гипотетическими, как не имеющие научного подтверждения самого факта вредного воздействия в диапазоне малых доз.

Тем не менее, уже накопленные данные по загрязнению окружающей природной среды химическими вредными веществами позволяют выполнить оценки годовых рисков смерти населения, которые достигают значений 10^{-2} – 10^{-3} .

Уместно также отметить, что высоких рисков смерти населения в результате загрязнения атмосферного воздуха крупных промышленных городов, важным фактором является отметить существенное повышение заболеваемости населения в результате воздействия химических загрязнителей, например, таких как свинец и формальдегид.

Потенциальный риск нарушения здоровья в результате хронического воздействия атмосферного воздуха, загрязненного соединениями свинца, для некоторых городов в России в предположении сохранения существующих уровней загрязнения в течение 25 лет, приведен в таблице 9.

ПДК	Химические примеси	Радиоактивные вещества
100	Единичные случаи	
10	Реально наблюдаются	
1	Порог чувствительности большинства методик	Не наблюдались в последние годы
0,1	В большинстве случаев не фиксируются и не обсуждаются	Регистрируются в зоне наблюдений ПО "МАЯК"
0,01		Фиксируются и обсуждаются
⋮		
10 ⁻⁶		

Рис. 7. Мониторинг и контроль загрязнения атмосферного воздуха



Рис. 8. Районы оцененных рисков в Свердловской области

Таблица 9. Потенциальный риск токсических эффектов в результате хронического воздействия атмосферного воздуха, загрязненного соединениями свинца (Тарасова Н.П. и др., Отчет ИБРАЭ РАН, 2000 г.).

Города	Уровень загрязнения воздуха свинцом (1994-1995 гг.), мкг/м ³	Потенциальный риск
Комсомольск-на-Амуре, Тобольск, Тюмень, Карабаш, Владимир, Владивосток	(>0,3) – 0,5	(>0,34) – 0,56

У 50–70% жителей Москвы в течение 25 лет при сохранении уровней загрязнения атмосферного воздуха могут возникнуть заболевания (легкой, средней и тяжелой форм) (таблица 10).

Таблица 10. Потенциальный риск токсических эффектов в результате хронического воздействия атмосферного воздуха, загрязненного формальдегидом (Тарасова Н.П. и др., Отчет ИБРАЭ РАН, 2000 г.).

Города	Концентрация формальдегида в воздухе (1990-1997 гг), мкг/м ³	Потенциальный риск
Москва	0,008	0,78

Результаты оценки рисков, связанных с химическим загрязнением в населенных пунктах Самарской области в рамках международного проекта, полученные специалистами Центра риска, указывают на серьезную неблагоприятную обстановку в области защиты здоровья населения от химических вредных веществ (см. рис. 9).

Результаты:

Суммарный индивидуальный канцерогенный риск:

$2,8 \times 10^{-3}$ в Куйбышевском районе г. Самары;

$8,4 \times 10^{-3}$ в Новокуйбышевске.

Это в 28–8400 раз превышает уровень приемлемого индивидуального риска, принятого в ряде стран на уровне 10^{-4} – 10^{-6} .

Рис.9. Результаты оценки рисков, связанных с химическим загрязнением в Самарской области

Причины неадекватной оценки роли радиационных факторов воздействия ядерных технологий:

1. Исторические и психологические.
2. Отсутствие эффективной государственной информационной политики.
3. Несбалансированная нормативно-правовая база, гипертрофированная жесткость норм радиационной безопасности.
4. Неадекватные экологические показатели, не соответствующие объективным экологическим рискам.
5. Неразвитая система мониторинга загрязнения окружающей среды химическими вредными веществами.

Несмотря на явные практические успехи, достигнутые в области снижения радиационных рисков для персонала и населения, регламентации радиационного воздействия на население и окружающую среду по-прежнему уделяется первостепенное внимание. Эту позицию можно признать правильной, если ставить задачу сохранения достигнутого уровня безопасности. Однако дополнительное ужесточение нормативной базы требует обоснования, выходящего за рамки анализа лишь радиационных рисков. В этом контексте недавно принятые нормы радиационной безопасности (НРБ-99) и другие нормативные документы (САНПИН-97, ОСПОРБ-99) требуют комментариев относительно оправданности роста расходов на радиационную безопасность. Например, если рассмотреть два сценария действия закона НРБ-99 — оптимистичный и пессимистичный, то в первом случае снижение дозы на 30% в течение

20 лет приведет к предотвращенной дозе порядка 1000 чел.Зв, а затраты за один год продления жизни составят 250 000 \$. Во втором случае у 95% персонала доза не уменьшается, у 5% (ремонтный персонал) индивидуальная доза уменьшится, но коллективная доза облучения персонала может возрасти. При этом предотвращенная доза составит 50 чел.Зв при цене за 1 год продления жизни 5 000 000 \$.

Сравнение методов и уровней практической реализации защиты здоровья человека и охраны окружающей среды от радиоактивных и химических загрязнителей показало их серьезные отличия и несбалансированность. Это касается всех элементов регулирования — подходов к нормированию, методик определения допустимых выбросов и сбросов, возможностей мониторинга и отношения к соблюдению регламентаций (см. табл.11)

Таблица 11. Сравнение рисков при различных экологических ситуациях

Показатели	Параметры		
	Экологическое бедствие (ст.59)	Чрезвычайная экологическая ситуация (ст.58)	Относительно удовлетворительная ситуация
Эффективная доза облучения, мЗв/год	Более 10	5–10	Менее 1
Риск	Более $5 \cdot 10^{-4}$	$(2,5-5) \cdot 10^{-4}$	Менее $5 \cdot 10^{-5}$

Законом РФ об охране окружающей среды определяются понятия чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия:

“Чрезвычайная экологическая ситуация - происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения...”

“Экологическое бедствие — глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия...”

Критериями радиационной безопасности (Данилов-Данилян, 1992 г.) к зонам чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия относятся территории с дополнительной дозой облучения от 5 до 10 мЗв/год и более 10 мЗв/год соответственно (таблица 11).

Следуя представленным в таблице критериям отнесения территорий к зонам экологического бедствия и чрезвычайной экологической ситуации по радиационному фактору, население Финляндии, получающее среднегодовую дозу облучения от природной компоненты 8 мЗв/год проживает согласно российским нормам в зоне чрезвычайной экологической ситуации (рис. 10).

В целом научно-методическая полнота базы исходных данных по радиационному и радиоэкологическому контролю облучаемости населения для задач анализа радиационных рисков значительно выше, чем в области анализа химических рисков.

Несмотря на малость радиационных рисков, исследования в области воздействия малых доз облучения важны для получения достоверных ответов на два важных вопроса:

1. Выявление наличия или отсутствия порога вредного воздействия облучения в области малых доз (100 мЗв) для решения задач установления практического порога.
2. Количественного обоснования различий воздействия острого и хронического облучений в различных диапазонах доз.

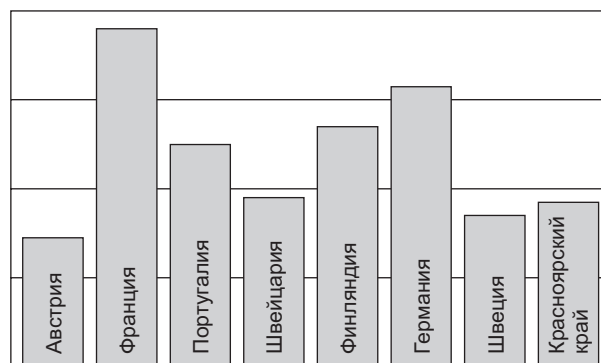


Рис. 10. Общие дозы облучения населения различных государств Европы (по данным национальной комиссии по радиологической защите Великобритании) и Красноярского края (по данным Регионального радиологического центра при Центре Госсанэпиднадзора Красноярского края)

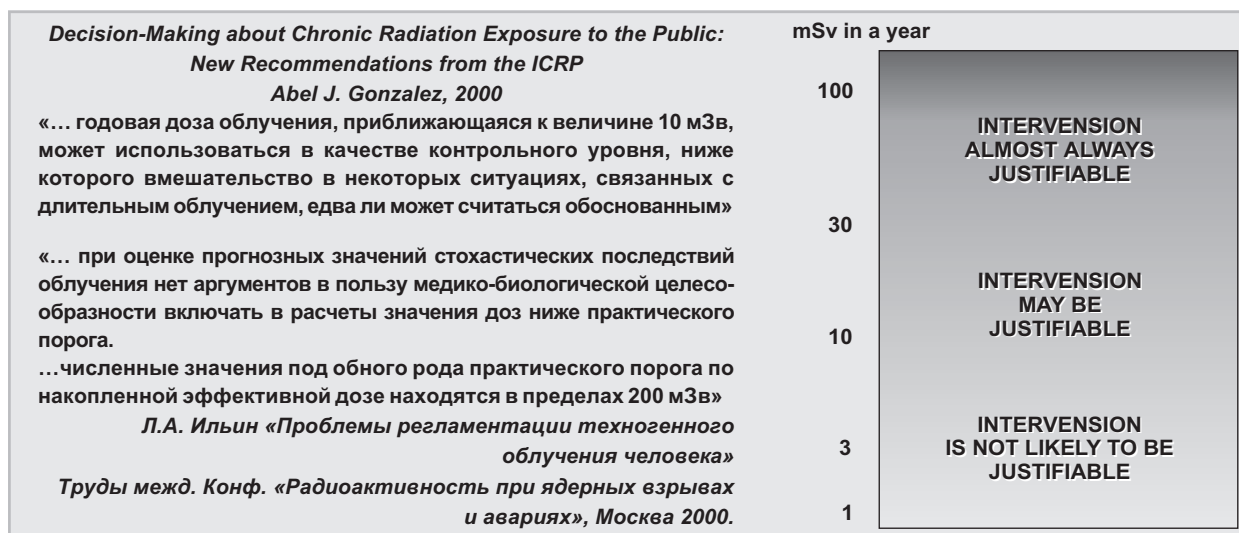


Рис. 11. Мнения ведущих ученых о нормах в области радиационной безопасности

Сложившиеся противоречия и чрезмерная жесткость норм в области радиационной безопасности осознается ведущими учеными России и авторитетных международных организаций (рис. 11).

Выводы

- Объективный научный анализ данных по воздействию предприятий атомной энергетики и атомной промышленности показывает, что достигнутый уровень современных ядерных технологий России обеспечивает предельно высокие уровни радиационной безопасности в нормальном режиме функционирования для населения и персонала.
- Медицинские последствия для населения и профессионалов аварий и инцидентов на объектах атомной энергетики и промышленности, включая аварии на ЧАЭС, Кыштымской аварии 1957 г., санкционированных сбросов в р. Теча 1949–1950 г.г. неизмеримо меньше последствий связанных с другими видами промышленной деятельности таких же масштабов.
- Анализ данных по радиационным инцидентам и авариям за 50 лет функционирования АЭ и АП СССР/России показывает, что в самой атомной отрасли вклад радиационного фактора в потери трудового потенциала пренебрежительно мал в сравнении с нерадиационными факторами профессиональной вредности и травматизмом на производствах отрасли.
- Современные фактические дозы облучения населения и персонала от функционирования АЭ и ЯТЦ находятся значительно ниже научно подтвержденных порогов обнаружения вредных эффектов.
- Среди экологических рисков для населения радиационные риски от использования атомной энергии в мирных целях в сотни раз ниже рисков от техногенных загрязнений химически вредными веществами.
- Существующая нормативно-правовая база в области охраны окружающей среды и защиты здоровья населения при чрезмерной и научно не обоснованной жесткости в области радиационной области, устанавливает неоправданно высокие допустимые уровни загрязнения по химически вредным веществам.
- Такой дисбаланс в законодательстве и нормах является серьезным препятствием для реализации эффективной экологической политики и развитию высокоэкологичных технологий.
- Перспективные ядерные технологии обладают достаточным потенциалом и необходимым запасом экологической безопасности, чтобы обеспечить мировые потребности в электроэнергии в третьем тысячелетии в рамках концепции, сформулированной в инициативе Президента РФ на Генеральной Ассамблее ООН (саммите тысячелетия). Основой широко-масштабной атомной энергетики третьего тысячелетия с практически неограниченным топливным ресурсом являются технологии быстрых реакторов, удовлетворяющие современным критериям безопасности, нераспространения, экологичности.

МЕРЫ ПО ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

*И.И.Линге, ИБРАЭ РАН, академик РАСХН Р.М.Алексахин, ВНИИСХРАЭ,
М.Н.Савкин, ГНЦ ИБФ*

После аварии на ЧАЭС был реализован беспрецедентно большой комплекс защитных мер. Существуют предложения по продолжению ряда защитных мер, но при этом игнорируется тот факт, что эффективность уже реализованных мер варьировалась в очень широком диапазоне. В целом эффективность защитных мер необходимо рассматривать в следующих аспектах: предотвращенная доза, стоимость защитных мер, сопровождающие защитную меру риски, социальные последствия (в том числе связанные с особенностями практической реализации защитных мер). Однако, ограничив рассмотрение соотношения предотвращенной дозы и прямых затрат на их реализацию, уже можно получить важные данные для оптимизации стратегии преодоления последствий аварии.

В докладе представлены некоторые результаты анализа эффективности защитных мер. Более детальное их обоснование приведено в монографии [1]. При оценке приводимых данных важно учитывать, что НРБ-99 устанавливают соотношение между коллективной эффективной дозой (в 1 чел.-Зв), потенциальным ущербом (потеря 1 чел.-года жизни населения) и величиной денежного эквивалента этого ущерба (не менее 1 годового душевого национального дохода). То есть, 1 чел.-Зв коллективной дозы — это потенциальный ущерб здоровью населения, который может быть сравним с денежной величиной порядка одного годового душевого дохода.

Эвакуация и переселение

Первые решения по эвакуации (г. Припять и станция Янов) были приняты 27.04.86 г., а сама эвакуация осуществлена в середине этого дня. Произошло это благодаря тому, что мероприятия по подготовке транспорта для эвакуации были начаты заблаговременно, до принятия решений на уровне Правительственной комиссии. Алгоритм принятия решений по эвакуации 30-ти километровой зоны был несколько иным. Как реальная была оценена угроза еще более тяжелого развития событий на аварийной АЭС. В целом, в ситуации, когда факт разрушения реактора был очевиден, а прогноз дальнейшего развития событий, особенно радиационной обстановки, был неясен, решения по эвакуации г. Припять и 30-ти километровой зоны следует охарактеризовать как правильные и своевременные. Они позволили эффективно предотвратить высокие дозы (табл. 1) и не допустить в большинстве случаев опасного облучения населения. Необходимо заметить только, что мероприятия планировались как эвакуация, то есть они предполагали последующее возвращение жителей, но этого не произошло. В этой связи их правильнее называть экстренным переселением.

Таблица 1. Характеристики эффективности экстренного переселения жителей г. Припять и 30-ти километровой зоны

	Дозы, полученные населением до эвакуации [2], мЗв			Индивидуальные предотвращенные дозы, мЗв	Затраты на предотвращение дозы 1 чел.-Зв (доллары США)
	Среднее значение	Наибольшие значения	Коллективная доза		
Эвакуация (переселение) г.Припять	11,5	От 50 до 110 (у 1% жителей)	670 чел.-Зв	~1 500	~1 000
Эвакуация (переселение) 30-км зона	18	От 100 до 380 (у 4% жителей)	2 270 чел.-Зв	100–3 500	500–15 000

К концу 80-х годов в качестве критерия отселения стала обсуждаться доза дополнительного облучения 5 мЗв/год, а реально стал действовать иной показатель — плотность

поверхностного загрязнения почвы ^{137}Cs . В итоге к началу 1990 г. масштабы предстоящего переселения оценивались почти в 200 тыс. жителей, в том числе в Белоруссии в соответствии с государственной программой на 1990–1992 гг. было предусмотрено переселить 94,1 тыс. человек, в России в этот же период планировалось отселить в обязательном порядке более 15 тыс. человек (плотность загрязнения по ^{137}Cs выше 30 Ки/км²), а в целом, с учетом зоны отселения и права на добровольное переселение, масштабы отселения оценивались в 84,2 тыс. человек.

Во всех случаях переселения в период после 1988 г. стоимость одного человеко-зиверта предотвращенной дозы оказалась чрезвычайно высокой, ее минимальное значение составляет около 130 тыс. долларов США, а в большинстве случаев достигало 500 тыс. долларов США. Приведенные значения многократно превышают величину годового душевого дохода. Таким образом, следует констатировать, что переселение не давало обоснованного снижения доз облучения и являлось по сути крайне неразумным расходованием средств.

В ряде случаев переселение сопровождалось негативными социальными последствиями. Наиболее яркий пример последствий переселения пгт. Полесское приведен в работе [2]. Следует отметить, что практическая реализация крупномасштабных программ переселения не состоялась в полном объеме ни в одной из стран СНГ. Возрастание экономических трудностей привело к более взвешенной оценке опасности радиационного воздействия. Уже в 1992 г. в наиболее загрязненных районах России наблюдалось положительное сальдо миграции населения.

Временный вывоз детей и беременных женщин

Временный вывоз детей и беременных женщин за пределы зоны радиационной аварии впервые был применен после аварии на ЧАЭС. Первоначально предполагалось провести организованный вывоз детей и беременных женщин в чистые районы страны на летний период 1986 г. из зоны жесткого контроля (около 80 тыс. детей и подростков и около 5 тыс. беременных). Однако фактический объем выполненных мероприятий оказался выше. В 1986 г. из районов радиоактивного загрязнения Украины было вывезено на летний отдых более 200 тыс. детей.

Для сильно загрязненных районов затраты на предотвращение 1 чел.-Зв составляли около 4 000 долларов за 1 чел.-Зв. В случае вывоза детей из менее загрязненных районов, в том числе из г. Киева затраты увеличивались в десятки и сотни раз. Социальные последствия данной защитной меры не подвергались детальному анализу. При общем позитивном отношении можно предположить, что чрезмерно широкая география этой меры, равно как и последующее пристальное внимание к беременным на загрязненных территориях, дали свой негативный вклад в формирование психологической напряженности и частично могли явиться причиной снижения показателей рождаемости.

Укрытие

Укрытие, как защитная мера по отношению к населению, практически не проводилось, хотя встречаются указания о подобной рекомендации, данной 26 апреля 1986 г. и, в частности, об отмене занятий физическими упражнениями на свежем воздухе в школах г. Припять. Можно предположить, что в г. Припять эта мера могла бы дать эффект порядка 100 чел.-Зв, а затраты на предотвращение одного человеко-зиверт в г. Припять могли бы составлять 1 доллар США. Сводные оценки эффективности затрат на защитные меры убедительно показывают, что быстрые неотложные меры оказываются в сотни и даже миллионы раз более эффективными по сравнению с запоздалыми и неоправданными вмешательствами.

Таким образом, практика реализации защитных мер данной группы (табл. 2) показывает, что они эффективны (в контексте снижения доз) и реализуемы (хотя бы по отношению к большей части населения) только в ранние сроки после аварии. В противном случае переселение трансформируется в затяжную социально-экономическую проблему, не имеющую ясных перспектив исчерпывающего решения. И наоборот, любое запаздывание с укрытием,

эвакуаций или переселением не позволяет эффективно предотвратить облучение населения, порождает массу других проблем, в том числе и социальных. В современной ситуации, когда возможности надежного радиологического прогнозирования и обоснования необходимости реализации таких радикальных защитных мер как эвакуация стали гораздо более мощными, принципиально важными при масштабной радиационной аварии становятся быстрота принятия решений и их реализации.

Таблица 2. Сравнительная эффективность защитных мероприятий, связанных с ограничением интенсивности радиационного воздействия

Защитная мера	Опыт (территория, время)	Диапазон приведенных затрат, долл. на 1 чел.-Зв	Диапазон индивидуальных предотвращенных доз, мЗв
Экстренное переселение	Урал, октябрь 1957 г.	300–600	13 000–23 000
	Чернобыль, апрель–май 1986 г.	1 000–15 000	100–3 000
Плановое переселение	Урал, ноябрь 1958 г.	6 000–100 000	40–200
	Чернобыль, 1990–1991 гг.	130 000–500 000	50–100
Вывоз детей и беременных женщин	Чернобыль, май–сентябрь 1986 г.	4 000–400 000	< 1–40
Укрытие	г. Припять, 26 и 27 апреля 1986 г.	0,02–1	5–100

Йодная профилактика

Соответствующие рекомендации по йодной профилактике были разработаны задолго до аварии на ЧАЭС. Эффективность применения препаратов стабильного йода сильно зависит от соотношения времени начала и длительности периодов поступления в организм радиоактивного и стабильного йода. С июня до середины августа 1986 г. в РСФСР йодной профилактикой было охвачено 71 930 человек, в том числе 25 060 детей. Такие поздние сроки йодной профилактики предопределили ее нулевую эффективность.

Достаточно эффективная йодная профилактика была только в г. Припять, где по оценкам охват населения йодной профилактикой достигал 70%, в том числе с 26 апреля — 60%. Наиболее обоснованные оценки предотвращенной за счет йодной профилактики дозы — это 15 тыс. чел.-Гр. для эвакуированных и 50 тыс. чел.-Гр. — для остального населения. Для эвакуированного населения г. Припять соотношение затраты/предотвращенная доза составило весьма низкую величину — порядка 0,02 долларов США на чел.-Гр. Наибольшие значения удельных затрат при йодной профилактике составляют 0,1 доллара США за 1 чел.-Гр. Таким образом, потенциал такой эффективной защитной меры, как йодная профилактика, реализован в полном объеме не был.

Санитарная обработка

Данная защитная мера в значительных масштабах реализовывалась в отношении работников в зоне ЧАЭС и частично применялась к эвакуированному населению как разовая мера. Естественно, что в наибольшей степени санобработка была эффективна для персонала. Затраты на предотвращение 1 чел.-Зв в этом случае не превышали 25 долларов США.

Ограничения на потребление продуктов питания (ВДУ)

Ограничение потребления сельскохозяйственных пищевых продуктов, производимых на подвергшихся радиоактивному загрязнению территориях, являлось одним из важнейших защитных мероприятий по ограничению дозовых нагрузок на население. Не будучи в достаточной мере реализованными в самой острой фазе (в течение первых недель после аварии), они в последующий период реализовывались на регулярной основе в течение нескольких

лет. В наибольшей степени эти меры затрагивали так называемую зону жесткого контроля, где проживало около 270 тыс. жителей Украины, Белоруссии и России. В этих районах стали осуществляться компенсационные выплаты населению, завоз чистых продуктов. В последующем эти выплаты были распространены на населенные пункты, в которых наблюдались даже единичные случаи бракеража молока, соответственно, затраты на предотвращение 1 чел.-Зв коллективной дозы быстро возрастали. Если в первые месяцы лета речь шла о примерно тысяче долларов США, то к концу 80-х годов это были сотни тысяч долларов.

Пример рассмотренной группы мероприятий также убедительно показывает (табл.3), что удельные затраты на предотвращение единицы коллективной дозы весьма быстро возрастают со временем.

Таблица 3 Стоимость защитных мер после аварии на ЧАЭС

Защитная мера	Диапазон приведенных затрат, долл. на 1 чел.-Зв, чел.-Гр	Опыт (год, территория, контингент)
Йодная профилактика	0,02–0,1	апрель-май 1986 г. Население
Санитарная обработка	25–500	1986 г. Зона ЧАЭС
Одна неделя отказа от употребления молока детьми	1–15	май 1986 г. Детское население загрязненных районов Украины
Ограничение потребления и контроль местных продуктов питания	2 800–25 000	1986 г., Брянская область
	8 600–68 000	1987 г., Брянская область
	13 800–120 000	1989 г., Брянская область

Дезактивационные работы

Эффективность этих работ варьировалась в очень широком диапазоне. Максимальный эффект был достигнут при работах в зоне ЧАЭС, а наименьший — при дезактивации населенных пунктов. Причиной того, что во многих случаях эффективность дезактивации была низкой, было радиоактивное загрязнение прилегающих территорий. В большинстве случаев в результате хозяйственной деятельности происходило повторное загрязнение территории. Значительную роль в снижении доз сыграли работы по благоустройству населенных пунктов. Однако, и в этом случае радикального снижения доз облучения населения не произошло (табл. 4).

Таблица 4. Дезактивация и благоустройство

Мероприятие	Снижение индивидуальных доз, кратность	Неблагоприятные последствия
Дезактивация	1,1–2,0	Образование «могильников»
Благоустройство	1,1–1,3	Неоправданные затраты в случае последующего переселения

Водоохранные меры в зоне ЧАЭС

Оценивая в целом весь комплекс водоохранных мероприятий, реализованных в зоне ЧАЭС, и анализируя их эффективность, следует признать, что предпринятые в первый год после аварии масштабные и дорогостоящие меры не дали должного защитного эффекта, а в ряде случаев имели неблагоприятные экологические последствия. В случае водоохранных мер трудно оценить предотвращенную дозу. Легче оперировать затратами на локализацию активности. Затраты на предотвращение распространения 1 Ки активности ни одним из случаев не укладывались в разумный диапазон (табл. 5) и всегда сопровождалась негативными экологическими последствиями.

Таблица 5. Оценки эффективности локализирующих водоохраных мер в зоне ЧАЭС и их последствий для окружающей среды

Защитная мера	Локализованная* активность, Ки	Удельная стоимость, тыс. долл. США/1Ки	Последствия для окружающей среды
Система фильтрующих дамб	2–3 (^{137}Cs)	1 500–2 300	Подтопление лесов на площади 4000 га
Русловые карьеры	12–20 (^{137}Cs)	250–420	Перехват 4,5 млн. м ³ песка, который мог захоронить илистые отложения в Киевском водохранилище
Изоляция пруда-охладителя	менее 1 Ки	более 10 000	Повышение уровня грунтовых вод на промплощадке ЧАЭС

Примечание: * — активность, распространение которой предотвращено

Защитные меры в сельском хозяйстве

Одной из существенных причин, предопределяющих важность долгосрочных защитных мер в АПК, является ужесточение по мере постепенной ликвидации последствий аварии допустимых доз облучения и, соответственно, ВДУ содержания радионуклидов в сельскохозяйственных пищевых продуктах. В конечном счете должен предусматриваться переход на неаварийные радиологические показатели. Хронология принятия радиационно-гигиенических нормативов и рекомендаций представлена в табл. 6. В 1997 году нормативы по содержанию ^{137}Cs в основных пищевых продуктах были ужесточены по сравнению с ВДУ-93 более чем в 7 раз.

Таблица 6. Ограничение потребления продуктов питания ВДУ

Год	Допустимое содержание радионуклидов в продуктах
1986	ВДУ; 6.05, 16.05, 30.05
1987	ВДУ № 129-252-1 ДСП от 15.12 <i>Молоко 370 Бк/л</i>
1988	ВДУ-88 от 06.10 <i>Молоко 370 Бк/л</i>
1991	ВДУ-91 от 22.01 <i>Молоко 370 Бк/л</i>
1993	ВДУ от 21.07 <i>Молоко 370 Бк/л</i>
1997	СанПин-96 <i>Молоко 50 Бк/л</i>

Если в составе загрязнения присутствуют долгоживущие биологически значимые радионуклиды (^{137}Cs и ^{90}Sr), то в промежуточный и отдаленный поставарийные периоды основные защитные меры в АПК должны сводиться к минимизации интенсивности перехода этих радионуклидов в различных звеньях пищевых цепочек, прежде всего в звене почва — растение. После аварии на ЧАЭС меры по продолжению или восстановлению сельскохозяйственного производства на протяжении позднего периода в условиях установившегося корневого поступления долгоживущих радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs) были направлены на решение двух задач. В течение первых двух лет после аварии — снижение уровней радиоактивного загрязнения продукции ниже установленных ВДУ. В последующий поставарийный период — планомерное, постоянное и регулируемое уменьшение уровней загрязнения продукции с целью достижения уровней внутреннего облучения, соответствующих пределам дозы при нормальной жизнедеятельности населения. Эти задачи требовали осуществления большого комплекса мер по снижению уровней загрязнения продукции, и их общая эффективность определялась как объемом мероприятий, так и собственно непосредственной эффективностью мер в снижении загрязнения продукции.

В комплекс подобных мер, внедренных в практику или испытанных в производственных условиях, входили:

- оптимизация землепользования на основе их дифференциации по плотности загрязнения территории и уровнями поступления ^{90}Sr и ^{137}Cs в различные виды продукции растениеводства; результатом подобной оптимизации является оценка пригодности отдельных участков сельскохозяйственной территории для целевого размещения на них посевов продовольственных и фуражных культур, ограничение и модификация использования естественных пастбищ и сенокосов, а в пределах землепользования отдельных хозяйств — создание специально разрабатываемых севооборотов;
- изменение отраслевой специализации сельскохозяйственных предприятий при изменении соотношений в объемах производства продукции отдельных отраслей растениеводства и животноводства (перепрофилирование);
- внедрение специальных способов механической обработки почвы, включавших глубокую вспашку с захоронением радиоактивного загрязнения в подпахотные горизонты, дезактивацию участков территории за счет удаления поверхностного загрязненного слоя;
- применение агромелиоративных приемов для улучшения агрохимических свойств почвы и повышения ее плодородия с целью снижения корневого поступления радионуклидов;
- мелиорация загрязненных лугопастбищных угодий, их перевод из естественных в культурные;
- внедрение альтернативных сельскохозяйственных культур и их сортов с пониженным корневым поступлением радионуклидов;
- использование специальных кормовых рационов для различных видов сельскохозяйственных животных и птицы с учетом их видовых особенностей, возраста и хозяйственного предназначения поголовья;
- выдержка во времени поголовья сельскохозяйственных животных мясного направления перед убоем на “чистых” и менее загрязненных кормах;
- использование специальных добавок к кормам для связывания радионуклидов при всасывании их в желудочно-кишечном тракте животных;
- выбор наиболее эффективных вариантов общепринятой переработки растительной и животной продукции;
- использование растительной продукции на технические цели (для производства растительного масла, крахмала, спирта, сахара и т.д.)

К наиболее эффективным защитным мерам в сельском хозяйстве следует отнести:

- Специальную систему внесения удобрений и известкования;
- Специальную обработку почвы;
- Коренную мелиорацию лугово-пастбищных угодий;
- Рациональную систему кормления животных (с применением ферроцин-содержащих препаратов);
- Технологическую переработку первичной сельхозпродукции.

Из способов механической обработки почвы высокоэффективными явились глубокая вспашка почвы с захоронением верхнего загрязненного слоя почвы в подпахотные горизонты на глубину до 1 м (эффективность снижения поступления радионуклидов в урожай в экспериментах — до 10 раз, в реальных условиях — до 2–5 раз), а также дезактивация почвы путем удаления тонкого поверхностного слоя (максимальная эффективность в 50–90 раз).

Подобные меры в Чернобыльском регионе были реализованы в очень большом масштабе. Заглубленная перепашка была проведена на 150 тыс. га. Поскольку это обычный агротехнический приём, то к затратам на его реализацию следует отнести только увеличение энергоёмкости на 25–45%. Себестоимость продукции могла возрасти только на 5–15%. Эффект снижения концентрации радионуклидов был несколько выше (1,2–1,3).

Среди множества испытанных агромелиоративных приемов по снижению поступления ^{90}Sr и ^{137}Cs в урожай наиболее оправданными были известкование почв и использование минеральных удобрений. Эти приемы улучшали агрохимические свойства почвы, что приводило, в конечном счете, к повышению плодородия почв, росту урожайности культур и снижению поступления радионуклидов в урожай. Внесение минеральных удобрений приводило к снижению поступления в 1,5–2 раза, известкование — до 10 раз.

Важнейшим элементом защитных мер в АПК является радиоэкологический мониторинг, результаты которого являются основой для принятия решений. В системе АПК контроль за радиационной обстановкой осуществляли Государственная ветеринарная служба и ВНПО “Сельхозхимия”, имевшие свои лаборатории в каждом регионе. К 1990 г. радиационный контроль качества сельхозпродукции осуществляли 73 республиканских и областных станций химизации сельского хозяйства, 749 ветлабораторий и пунктов радиационного контроля, в которых работало 12 тыс. человек. Примерно до 1992 г. подобный объем контроля сохранился, а с 1993 г. начал сокращаться, но продолжается по настоящее время.

Таблица 7. Бракераж продуктов питания [3]

Область	1998		1999		2000	
	Всего проб	Выше ВДУ	Всего проб	Выше ВДУ	Всего проб	Выше ВДУ
Брянская	35 067	1 215 (3,5%)	35 231	561 (1,6%)	35 413	1 764 (5,0%)
Калужская	8 552	64 (0,75%)	9 931	104 (1,1%)	9 372	100 (1.1%)
Ленинградская	1 189	нет	1 346	нет	1 346	нет
Орловская	11 843	нет	12 314	нет	13 838	нет
Тамбовская	2 304	нет	2 018	нет	1 961	нет
Тульская	9 075	нет	9 627	нет	9 722	нет
Остальные	20 151	нет	18 588	нет	18 231	нет
ИТОГО	88 181	1 279	89 055	665	89 883	1 864

Выводы

Реализованный комплекс защитных мер позволил существенно снизить облучение населения, в результате чего лишь небольшая часть населения России получила дозы дополнительного облучения сравнимые с фоновым (табл. 8). На сегодняшний день в своем подавляющем большинстве защитные меры исчерпали свою эффективность. Исключение составляют защитные меры в сельском и лесном хозяйстве ориентированные на повышение интенсивности и культуры хозяйствования.

Таблица 8. Распределение по накопленным дозам дополнительного (к 50 мЗв фонового) облучения населения за послеаварийный период, тыс. человек

Область	Диапазон средней накопленной эффективной дозы, мЗв				
	окт. 20	20–50	50–70	70–100	выше 100
Брянская	34	191	30	2,6	1,4
Калужская	11	7			
Тульская	43	1,9			
Орловская	2,5				

Примечание: в остальных областях накопленные дозы не превышают 10 мЗв.

Вывод о том, что реализованные защитные меры в ряде случаев были излишними, был зафиксирован в итоговых документах Международного Чернобыльского проекта еще в 1991 году: “Принятые и запланированные защитные меры в целом выходят за пределы того, что было строго необходимо для обеспечения радиационной защиты. Меры по отселению и ограничению потребления пищевых продуктов следовало бы принять в меньшем масштабе”. В последних рекомендация МКРЗ (2001 г.) отмечено, что “... годовая доза облучения, приближающаяся к величине 10 мЗв, может использоваться в качестве контрольного

уровня, ниже которого вмешательство в некоторых ситуациях, связанных с длительным облучением, едва ли может считаться обоснованным”.

В этой связи главным приоритетом дальнейших программ реабилитации является блок социально-экономических задач, направленных на подъем экономики и повышение уровня жизни населения. Результатом этих программ должно стать создание для территорий, имеющих после аварии ограничения на режим природопользования, условий для развития конкурентоспособной экономики, опирающейся на собственные ресурсы и человеческий потенциал.

Литература

1. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. Р.М.Алексахин, Л.А.Булдаков, В.А. Губанов и др. под общей ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова/ — М., ИздАТ, 2001 — 752с.
2. Чернобыльская катастрофа. Часть I - историография событий социально-экономические и экологические последствия. Главный ред. Академик НАНУ В.Г. Барьяхтар./ — Киев, Наукова думка, 1995.
3. Чернобыльская катастрофа. Итоги и проблемы преодоления ее последствий в России. 1986–2001. Москва, 2001.

Координационный совет РАН по техническим наукам

ВЫВОДЫ СИМПОЗИУМА “Пятнадцать лет после Чернобыля: уроки, оценки, перспективы”

25 апреля 2001, Москва

Сегодня, спустя 15 лет, прошедших после аварии на четвертом блоке Чернобыльской АЭС, многое из того, что было неясным и спорным в начальный период, можно уверенно установить на основе накопленных объективных научных данных. Это касается и причин, и последствий аварии, и предпринятых мер защиты населения, и окружающей природной среды, и прогнозов на будущее. За годы после аварии собран огромный фактический материал по радиологическим, медицинским, экологическим, демографическим, социально-экономическим последствиям аварии. Выполнен беспрецедентно большой объем научных исследований по различным аспектам Чернобыльской проблемы.

Результаты изучения последствий аварии, представленные в докладах на симпозиуме, а также научные исследования, опубликованные в последние годы, в том числе оценки международных организаций (Научного доклада по действию атомной радиации ООН, Всемирной организации здравоохранения, Международной комиссии радиационной защиты, Международного агентства по атомной энергии и др.), позволяют сделать следующие выводы.

1. Радиационная обстановка

Завершено изучение радиационной обстановки на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Подготовлены и изданы атласы радиоактивного загрязнения территории в различных масштабах.

За прошедшие после аварии годы практически нормализовалась радиационная обстановка в 12 субъектах Российской Федерации (Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Ленинградской, Пензенской, Рязанской, Смоленской, Тамбовской, Ульяновской областях и Республике Мордовия). Средняя годовая доза дополнительного облучения населения на этих территориях не превышает 1 мЗв, т.е. по радиационному фактору не требуется проведение каких-либо защитных мероприятий и нет ограничений на режим проживания и хозяйственной деятельности.

В загрязненных районах Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей наблюдаются повышенные уровни мощностей доз внешнего облучения и концентраций радионуклидов в объектах окружающей среды. Однако и в этих районах они не приводят к облучению в дозах, превышающих 1 мЗв. Исключение составляют юго-западные районы Брянской области и ряд районов Калужской области, где годовые дозы дополнительного облучения населения превышают 1 мЗв, что в соответствии с действующим законодательством требует проведения комплекса защитных мероприятий. В настоящее время основной вклад в дозу облучения населения вносит потребление загрязненных продуктов питания. Проведенный комплекс мероприятий в сельском хозяйстве позволил в значительной мере снизить содержание радиоактивных веществ в сельхозпродукции.

Введенные в 1998 году новые санитарные правила на содержание радиоактивных веществ в пищевых продуктах существенно ужесточили допустимые концентрации радионуклидов. В этих условиях в Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областях без проведения специальных мероприятий в аграрном секторе сохраняется вероятность производства сельхозпродукции, не отвечающей действующим санитарным нормам и правилам.

2. Медицинские последствия

Для изучения медицинских последствий и анализа состояния здоровья граждан, подвергшихся радиационному воздействию, с 1986 года в стране ведется Российский государственный медико-дозиметрический регистр. На 1 января 2001 года Регистр содержит индивидуальную медико-дозиметрическую информацию на более чем 570 тысяч человек.

Фактические данные Регистра, представленные первым заместителем Министра здравоохранения Г.Г. Онищенко и академиком РАМН А.Ф. Цыбом, свидетельствуют о том, что радиационное воздействие обусловило увеличение заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов, а также раком щитовидной железы у детей, что в достаточной степени подтверждает прогноз заболеваемости, сделанный в первые годы после аварии.

В 1992–1995 годах, т. е. после окончания латентного (скрытого) периода, было зарегистрировано примерно двойное увеличение частоты заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов над спонтанным уровнем. В последние годы наблюдения (1996–2000 годы) частота вновь выявленной заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов уменьшается. Всего среди ликвидаторов выявлено 145 лейкозов, из которых 50 случаев следует считать радиационно-обусловленными.

Кроме того, у ликвидаторов наблюдается повышение заболеваемости раком щитовидной железы. Из 55 выявленных случаев заболевания 12 отнесены к воздействию радиационного фактора.

На основе прямых эпидемиологических методов не обнаружено превышения частоты заболеваемости ликвидаторов другими видами онкологических заболеваний, так называемыми солидными раками, над спонтанным уровнем. Эта ситуация также прогнозировалась ранее.

Зафиксирован серьезный рост темпов выхода на инвалидность ликвидаторов: за период с 1991 по 1994 годы в — 6,6 раза, с 1994 по 1997 годы — в 1,6 раза. Отсутствие зависимости частоты выхода на инвалидность от полученной дозы указывает на социальную обусловленность этого явления.

Показатель смертности ликвидаторов от всех причин, включая онкологические заболевания, не превышает аналогичного показателя для мужского населения страны.

Подтвердился неблагоприятный прогноз по раку щитовидной железы. Особенно быстрые темпы роста заболеваемости раком щитовидной железы выявлены среди детей (на момент аварии). В Брянской области в этой когорте 170 случаев рака щитовидной железы, из которых около 55 с высокой вероятностью обусловлено радиационным воздействием инкорпорированного радиойода. В других регионах, где также было отмечено повышение заболеваемости раком щитовидной железы среди детей, зависимость частоты заболеваемости от дозы не установлена. Отсутствие дозовой зависимости характерно и для заболеваемости раком щитовидной железы взрослого населения. В этом случае могли проявиться эффекты скрининга, то есть повышение показателя заболеваемости за счет улучшения диагностики.

Лейкозы — это «индикатор» роли радиационного фактора. Сравнение показателя заболеваемости лейкозами жителей семи наиболее загрязненных районов Брянской области и населения страны в целом не выявило их значимого отличия.

Среди населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, рост заболеваемости солидными раками, имеющими более длительный латентный период (примерно 20–30 лет), к настоящему времени также не установлен.

Принципиально важно, что не зарегистрировано увеличения наследственных заболеваний или врожденных пороков развития, связанных с радиационным воздействием.

Медицинские последствия аварии не исчерпываются чисто радиологическими. Среди других важных факторов, во-первых, отметим многолетний стресс, которому подвергается и население, и ликвидаторы. Во-вторых, зачастую более низкий, по сравнению с другими регионами, уровень жизни населения на загрязненных территориях. Именно это, в значительной мере, определило негативные медико-демографические последствия чернобыльской аварии.

Российские специалисты подтверждают базовый вывод Научного комитета по действию атомной радиации ООН о том, что в отношении здоровья большинства людей, связанных с Чернобылем, должны преобладать благоприятные прогнозы.

Вне зависимости от причин, выявленные факты повышения заболеваемости являются прямым ориентиром для действий практического здравоохранения.

3. Социально-экономическая защита и реабилитация населения и территорий

Чернобыльская авария породила немало серьезных проблем, затронувших миллионы людей, в том числе в социально-экономической сфере. Меры социальной защиты определены Законом Российской Федерации «О социальной защите граждан, подвергшихся воздейст-

вию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». Отсутствие дифференциации и соразмерности социальных гарантий полученному ущербу потребовали внесения изменений в действующее законодательство. Принятый 21 декабря 2000 года Федеральный закон вводит новые положения, направленные на повышение адресности и совершенствование механизма реализации социальных льгот и компенсаций. Вступление Федерального закона в силу позволит улучшить материальное положение почти 80% инвалидов-чернобыльцев.

В целом восприятие последствий аварии обществом не адекватно масштабу ее реальных радиологических последствий. В этих условиях потребность в активной реализации комплекса мер медицинской, социально-психологической и социально-экономической реабилитации по-прежнему высока.

4. Безопасность АЭС и аварийное реагирование.

Уже в первые годы после аварии все реакторные установки типа аналогичного чернобыльскому были модернизированы. По показателям эксплуатационной безопасности (надежность оборудования и отсутствие ошибок персонала) атомная энергетика России в последние годы устойчиво держит одно из ведущих мест в мире. Задача поддержания и повышения достигнутого уровня безопасности АЭС остается важнейшим приоритетом атомной энергетики России.

Уроки Чернобыля показали чрезвычайную важность наличия эффективной системы комплексного реагирования при авариях и инцидентах на ядерно- и радиационно-опасных объектах, включая своевременное и объективное информирование населения. Ядром этой системы должны быть центры научно-технической поддержки принятия решений по защите населения.

Симпозиум констатирует:

Значительные успехи российской науки и прежде всего успехи российских ученых-медиков, представивших убедительные научные данные об отдаленных эффектах облучения населения и участников работ по ЛПА, получивших значимые дозовые нагрузки в 1986-1987 годах.

Серьезный прогресс, наблюдающийся в области совершенствования системы аварийного реагирования, который достигнут благодаря усилиям МЧС России, Минатома России и Российской Академии наук, Министерств здравоохранения и сельского хозяйства, Росгидромета и других ведомств, входящих в Российскую систему чрезвычайных ситуаций.

Уроки Чернобыля и актуальные проблемы российской науки

Чернобыльская ситуация выявила ряд проблем, решение которых принципиально важно для устойчивого и экологически безопасного развития России.

1. Обеспечение механизмов востребованности науки при принятии важных решений в области безопасности населения и окружающей природной среды

Общий ущерб от аварии на ЧАЭС чрезвычайно велик. Он складывается из затрат на работы по ликвидации её последствий (около 20 млрд. долларов), потерь, связанных с отчуждением земель и потерей производственных фондов, в том числе замораживания строительства объектов атомной энергетики. Сопоставление реальных радиологических последствий для здоровья с общим ущербом убедительно показывает, что наука оказалась не в полной мере востребованной при принятии стратегически важных решений по преодолению последствий аварии. К таким решениям можно отнести принятие закона о социальной защите лиц, подвергнутых радиационному воздействию, в части критериев зонирования территории и определения категории пострадавших.

2. Повышение информированности населения на основе объективных научных знаний — важнейшая задача государства

Научные прогнозы в оценках радиологических последствий оказались в целом соответствующими реально выявленным эффектам. Однако, по сути, они не были восприняты ни обществом, ни органами государственного управления. Это привело к реализации не оправ-

данных и грубых вмешательств в жизнь населения, в том числе и переселению десятков тысяч граждан. До сих пор, зачастую, продолжает проводиться неоправданное вмешательство в жизнь населения на чернобыльских территориях.

3. Гармонизация на объективной научной основе нормативно-правовой базы в области охраны здоровья и защиты окружающей природной среды — важнейшая основа эффективной политики государства.

Другим негативным результатом невостребованности науки явилось формирование несбалансированной нормативно-правовой базы в области охраны окружающей природной среды и здоровья населения. Это приводит к тому, что почти повсеместно практические организации не имеют ясных и четких критериев для проведения эффективной работы. Во многих случаях игнорируются факторы, наиболее существенно влияющие на состояние окружающей природной среды и здоровья человека. И наоборот, отдельным факторам, дающим пренебрежимо малый вклад, уделяется неоправданно большое внимание.

Подобная ситуация ставит перед Российской наукой серьезные и неотложные задачи:

- **Выработка научно обоснованной стратегии сохранения окружающей природной среды для будущих поколений при развитии современных технологий. И, что не менее важно, практическая реализация этой стратегии в законодательстве и соответствующих механизмах государственного регулирования и управления.**
- **Развитие и углубление фундаментальных исследований в области безопасности новых технологий.**

Координацию этих работ целесообразно осуществить на базе Российской академии наук в тесном взаимодействии со всеми заинтересованными организациями и ведомствами.

Симпозиум решил:

1. Подготовить к изданию и издать труды симпозиума.
2. Рекомендовать организовать, под эгидой РАН, межведомственную комиссию по выработке научно обоснованных рекомендаций по совершенствованию нормативно-правовой базы обеспечения экологической безопасности в Российской Федерации с учетом комплексного воздействия загрязнителей различной природы.
3. Считать целесообразным в конце 2001 года провести научно-методологическую конференцию на тему “Радиация и здоровье человека: ошибки, заблуждения, сомнения, истина” с приглашением наиболее авторитетных российских и зарубежных ученых. На конференции должны быть обсуждены существующие противоречия между некоторыми из “чернобыльских работ” и огромным массивом научных данных, а также установлены причины этих противоречий — ошибочная методология, радиологическая малограмотность, умышленное искажение фактов.

Председатель
Координационного совета РАН
по техническим наукам
Вице-президент РАН
академик

В.Е.Фортов

Ученый секретарь
Координационного совета РАН
по техническим наукам
член-корреспондент РАН

Л.А.Большов

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ СЛОВО
Председателя Координационного совета РАН
по техническим наукам
академика РАН В. Е. Фортова

Для многих из присутствующих заслушанные сообщения оказались неожиданными. Это прежде всего касается оценок радиологических последствий аварии. Да, нельзя закрывать глаза на происшедшее. Предстоит еще большая работа по дальнейшим научным исследованиям последствий аварии и, прежде всего, ученым-медикам.

Но уже сегодня можно со всей объективностью констатировать следующее:

Наука оказалась не в полной мере востребованной при принятии стратегически важных решений по преодолению последствий аварии. К таким решениям можно отнести принятие закона о социальной защите лиц, подвергнувшихся радиационному воздействию, в части критериев зонирования территории и определения категории пострадавших.

Научные прогнозы в оценках радиологических последствий оказались в целом соответствующими реально выявленным эффектам. Однако, по сути, они не были восприняты ни обществом, ни органами государственного управления. Это привело к реализации не оправданных и грубых вмешательств в жизнь населения, в том числе и переселению десятков тысяч граждан. До сих пор, зачастую вынужденно, продолжает проводиться неоправданное вмешательство в жизнь населения на чернобыльских территориях.

Другим негативным результатом невостребованности науки явилось формирование несбалансированной нормативно-правовой базы в области охраны окружающей природной среды и здоровья населения. Это приводит к тому, что почти повсеместно организации, ответственные за практическую деятельность, не имеют ясных и четких критериев для организации эффективной работы. Во многих случаях игнорируются факторы, наиболее существенно влияющие на состояние окружающей природной среды и здоровья человека. И наоборот, отдельным факторам, дающим пренебрежимо малый вклад, уделяется неоправданно большое внимание.

Подобная ситуация ставит перед наукой серьезную задачу — выработать комплексную научно обоснованную стратегию сохранения окружающей природной среды для будущих поколений при развитии современных технологий. И, что не менее важно, добиться её практической реализации в законодательстве и соответствующих механизмах государственного регулирования и управления. Координацию этих работ целесообразно осуществить на базе Российской академии наук в тесном взаимодействии со всеми заинтересованными организациями и ведомствами.

15 лет после Чернобыля: уроки, оценки, перспективы
Сборник трудов симпозиума

Ответственный за выпуск Е.М.Мелихова
Макет М.Ю.Иванов

Издательство “Комтехпринт”, Москва
Лицензия ИД №02508 от 31.07.2002

Отпечатано с готовых диапозитивов ООО “Инфолио-Принт”
Лицензия ПД №01144 от 06.07.2001

Формат 210 297. Гарнитура “Таймс”. Печать офсетная
Уч.-изд. л. 12,5. Усл. печ. л. 10,5. Тираж 500.